

EIN METHODISCHER BEITRAG ZUR PRÜFUNG DER
BRAUCHBARKEIT BESTIMMTER ABFALLPROTEINE
TIERISCHER HERKUNFT IN DER FORELLEN-
ERNÄHRUNG (S. GAIRDNERI RICH.)

GAMAL EL-DIN SALEH ALY IBRAHIM

Diss
München
1986



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554612_0004

Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie
und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München

Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Angefertigt unter Leitung von:
Prof. Dr. J. Gropp

**EIN METHODISCHER BEITRAG ZUR PRÜFUNG DER
BRAUCHBARKEIT BESTIMMTER ABFALLPROTEINE
TIERISCHER HERKUNFT IN DER FORELLEN-
ERNÄHRUNG (S. gairdneri Rich.)**

Inaugural Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Gamal El-Din Saleh Aly Ibrahim
aus
El-Scharkia/Ägypten

München, 1985

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. H. Zucker
Referent: Prof. Dr. J. Gropp
Korreferent: Prof. Dr.Dr.habil. R. Hoffmann

Tag der Promotion: 28. Februar 1986

Meinem Heimatland Ägypten,
meinen Eltern und meiner Frau
in Dankbarkeit gewidmet

KYOTO DECLARATION ON AQUACULTURE

The FAO Technical Conference on Aquaculture, assembled in Kyoto, Japan, on 2 June 1976, after a week long review of present state, problems, opportunities and potential for the culture of fish, crustaceans, molluses and seaweeds, declares:

- (1) That aquaculture has made encouraging progress in the past decade, producing significant quantities of food, income and employment; that realistic estimates place future yields of food at twice the present level in ten years, and five times the present level in 30 years if adequate support is provided.
- (2) That aquaculture, imaginatively planned and intelligently applied, provides a means of revitalizing rural life and of supplying products of high nutritional value, and that aquaculture, in its various forms, can be practised in most countries, coastal and landlocked, developed and developing.

SUMMARY

A methodical contribution for testing the value of certain waste-proteins (feather meal, blood meal, rumen contents and protein-hydrolysate) in feeding trout (*S. gairdneri* Rich.)

The utilization of the high protein animal by products (feathermeal, bloodmeal, protein-hydrolysate) and of dried rumen contents as protein sources in feeding trout was studied. Two different types of experiments (supplementation experiment and replacement experiment) were performed on a total of 4,060 trout fingerlings.

Each experiment lasted 10 weeks (2 weeks preperiod and 8 weeks main period). The experiments were performed in an open water circulating system. As experimental criteria, growth-rate, feed conversion (efficiency) as well as N-retention and gross energy utilization were measured. During the supplementation experiments, feces samples were taken by stripping and served for the determination of dry matter and protein digestibility. In addition to the replacement experiment a separate digestibility study (4 weeks) was conducted in a fresh water system.

The principle of the supplementation experiments was the addition of animal by products to be tested to a protein deficient basal diet. In experiment I the standard-basal diet contained 25 g crude protein in 90 g feed. In experiment I rennet-casein and fish protein concentrate (FPC), respectively, served as protein sources. However, in experiment II the protein content of the basal diet was increased to 30 g crude protein/90 g feed. The protein source was rennet-casein plus gelatine (3:1), dl-methionine supplemented and FPC, respectively. The feedstuffs to be tested were added by 5 or 10 g as feathermeal, bloodmeal or protein-hydrolysate and by 10 g or 20 g rumen content, respectively, to 90 g basal diet. The feeding regime was adjusted so that the same amount of basal diet was fed to all trout groups. As a matter of fact, the test-feedstuffs were really given as supplemental feedstuffs.

The results concerning the basal dietary protein seemed unequivocal. No differences between casein and fishprotein-concentrate (FPC) were obtained at the lower protein level (experiment I), but at a higher protein supply, FPC was superior to the casein-gelatine mixture concerning growth, feed efficiency, nitrogen and energy retention.

Supplementing 90 g basal diet by 5 or 10 g feathermeal or bloodmeal led to a remarkable improvement of all experimental criteria, independent from the basal protein source. Protein-hydrolysate was rather in-effective when added to the FPC containing basal diet (Exp. II) concerning growth rate, N-retention and energy utilisation. But it seemed as a useful protein source added to the casein-gelatine-mixture. Supplementing 90 g casein-gelatine diet by 10 g rumen content improved the growth parameter slightly. Higher amounts of rumen contents as well as the addition to the FPC-based diet were only poorly utilised.

The basal diet of the replacement experiment contained 40 % dietary protein, of which 80 % were from FPC and 20 % from soybean-protein (Danpro) supplemented with dl-methionine. 10 and 20 % of the dietary protein from FPC and from soyprotein, respectively, were replaced by the high protein feedstuffs on an isonitrogenous basis. Rumen content was tested at a 20 % level in the diet, corresponding to 6.7 % of the dietary protein.

The results confirm feathermeal as a protein source of good availability for trout. Comparable results could only be obtained in groups with ca. 5 % bloodmeal or protein-hydrolysate (10 % of the dietary crude protein). Feeding diets containing 20 % rumen content (6.7 % of dietary protein) resulted in a 5 % depression of growth-rate and feed efficiency, probably because of its content of 35 % crude fiber.

The protein und energy digestibility of the basal diet was not negatively influenced by adding protein-hydrolysate and only slightly by feathermeal and bloodmeal. But there was a considerable decrease in energy digestibility by feeding 20 % rumen content.

As a conclusion, both types of modell experiments, the supplementation and the replacement study, could be shown as suitable in testing the feeding value of candidates for feed ingredients.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seiten
0 SUMMARY	2 - 4
1 EINLEITUNG	8 - 10
2 LITERATUR	11 - 39
2.1 Proteinverwertung	11 - 19
2.1.1 Verdaulichkeit	11 - 17
2.1.1.1 Verdaubarkeit und Partikelgröße	15 - 16
2.1.1.2 Verdaubarkeit und Wassertemperatur	16
2.2.2.3 Verdaubarkeit und Fütterungsniveau	17
2.1.2 Proteinqualität	18 - 19
2.2 Proteinbedarf	19 - 28
2.2.1 Aminosäurenbedarf	22 - 24
2.2.2 Proteinsparende Wirkung von Futterfetten	25 - 28
2.3 Proteinfuttermittel	29 - 39
2.3.1 Tierische Proteinfuttermittel	29 - 30
2.3.2 Pflanzliche Proteinfuttermittel	30 - 32
2.3.3 Gereinigte Proteinfuttermittel	32 - 34
2.3.4 Proteinfuttermittel im Versuch	34 - 39
2.3.4.1 Federmehl	34 - 38
2.3.4.2 Blutmehl	38 - 39
3 EIGENE UNTERSUCHUNGEN	40 - 164
3.1 Charakterisierung der verwendeten Abfallprodukte	41 - 45
3.1.1 Federmehl	42
3.1.2 Blutmehl	43
3.1.3 Proteinhydrolysat	44
3.1.4 Panseninhalt	45
3.2 Methodik	45 - 90
3.2.1 Versuchsparameter	45 - 52
3.2.1.1 Wachstum	46 - 47
3.2.1.2 Futterverzehr	47
3.2.1.3 Verwertung des Futters	47 - 48
3.2.1.4 Verdaubarkeit	48 - 49
3.2.1.5 Protein- und Energieansatz	49
3.2.2 Analytische Methoden	49 - 52
3.2.2.1 Probenaufbereitung	49
3.2.2.2 Bestimmung des Rohnährstoffgehalts	50
3.2.2.3 Bombenkalorimetrische Bestimmung des Brennwertes	50
3.2.2.4 Chromoxidbestimmung	51
3.2.2.5 Siebanalyse der Futterbestandteile	51
3.2.3 Futterherstellung	51 - 52

3.3	Zulageversuche	52 - 71
3.3.1	Versuchsplan	52 - 54
3.3.2	Versuchstiere	55
3.3.3	Tierhaltung	55 - 57
3.3.3.1	Versuchsanlage	55 - 56
3.3.3.2	Fischhaltung (Versuch I)	57
3.3.3.3	Fischhaltung (Versuch II)	57
3.3.4	Versuchsfutter und Fütterung	58 - 65
3.3.4.1	Fütterungsregime	58 - 59
3.3.4.2	Futterzusammensetzung	59 - 62
3.3.4.3	Rohnährstoffe der Rationen	63 - 65
3.3.5	Versuchsdurchführung	66 - 69
3.3.5.1	Versuch I	68 - 69
3.3.5.2	Versuch II	69
3.3.6	Versuchsverlauf	69 - 71
3.3.6.1	Versuch I	69 - 71
3.3.6.2	Versuch II	71
3.4	Austauschversuch	72 - 90
3.4.1	Versuchsplan	72 - 76
3.4.1.1	Wachstumsversuch (Versuch III)	73 - 75
3.4.1.2	Verdauungsversuch	73 u. 76
3.4.2	Versuchstiere	77
3.4.2.1	Wachstumsversuch	77
3.4.2.2	Verdauungsversuch	77
3.4.3	Tierhaltung	78 - 79
3.4.3.1	Wachstumsversuch	78
3.4.3.2	Verdauungsversuch	78 - 79
3.4.4	Versuchsfutter und Fütterung	79 - 85
3.4.4.1	Fütterungsregime	79 - 80
3.4.4.2	Futterzusammensetzung	80 - 83
3.4.4.3	Rohnährstoffgehalt der Rationen	84 - 85
3.4.5	Versuchsdurchführung	84 - 89
3.4.5.1	Wachstumsversuch	84 - 87
3.4.5.2	Verdauungsversuch	86 - 89
3.4.6	Versuchsverlauf	89 - 90
3.4.6.1	Wachstumsversuch	89 - 90
3.4.6.2	Verdauungsversuch	90
3.5	Versuchsergebnisse	91 - 164
3.5.1	Zulageversuche	91 - 138
3.5.1.1	Versuch I	91 - 111
3.5.1.1.1	Teil A (Casein-Basis)	91 - 101
3.5.1.1.1.1	Gewichtsentwicklung und Futterverwertung	91 - 95

3.5.1.1.1.2	Tierkörperanalyse, Protein- und Energieansatz	96 - 99
3.5.1.1.1.3	Verdaubarkeit	99 - 101
3.5.1.1.2	Teil B (FPC-Basis)	100 - 111
3.5.1.1.2.1	Gewichtsentwicklung und Futterverwertung	100 - 106
3.5.1.1.2.2	Tierkörperanalyse, Protein- und Energieansatz	103 - 109
3.5.1.1.2.3	Verdaubarkeit	110 - 111
3.5.1.2	Versuch II	112 - 138
3.5.1.2.1	Teil A (Casein-Gelatine-Basis)	112 - 124
3.5.1.2.1.1	Gewichtsentwicklung und Futterverwertung	112 - 118
3.5.1.2.1.2	Tierkörperanalyse, Protein- und Energieansatz	118 - 123
3.5.1.2.1.3	Verdaubarkeit	123 - 124
3.5.1.2.2	Teil B (FPC-Basis)	125 - 138
3.5.1.2.2.1	Gewichtsentwicklung und Futterverwertung	125 - 129
3.5.1.2.2.2	Tierkörperanalyse, Protein- und Energieansatz	129 - 135
3.5.1.2.2.3	Verdaubarkeit	135 - 138
3.5.2	Austauschversuch	139 - 164
3.5.2.1	Wachstumsversuch	139 - 160
3.5.2.1.1	Gewichtsentwicklung und Futterverwertung	139 - 157
3.5.2.1.2	Tierkörperanalyse, Protein- und Energieansatz	158 - 159
3.5.2.2	Verdauungsversuch (Verdaubarkeit)	160 - 164
3.5.2.2.1	Durchgang I	163
3.5.2.2.2	Durchgang II	164
4	DISKUSSION	165 - 175
4.1	Versuchsdurchführung und Verlauf	165 - 166
4.2	Proteingehalt und Qualität	166 - 167
4.3	Wachstum	167 - 171
4.3.1	Federmehl	167 - 168
4.3.2	Blutmehl	168 - 169
4.3.3	Proteinhydrolysat	169 - 170
4.3.4	Panseninhalt	170 - 171
4.4	Tierkörperanalyse, Protein- und Energieverwertung	171 - 174
4.5	Verdaubarkeit der verschiedenen Abfallprodukte	174 - 175
5	ZUSAMMENFASSUNG	176 - 178
6	LITERATURVERZEICHNIS	179 - 189
7	ANHANG	190 - 192
	Lebenslauf	193
	Danksagung	194

EINLEITUNG

Unabhängig davon, ob die Weltnahrungserzeugung mit dem exponentiellen Wachstum der Menschheit Schritt halten kann bzw. könnte, mehren sich Hungerkatastrophen in allen Teilen der Dritten Welt. Internationale Hilfsaktionen sind von befristeter Dauer und greifen oft erst, wenn bereits unzählige Opfer zu beklagen sind.

Darüber hinaus darf aber nicht übersehen werden, daß in weiten Teilen der Dritten Welt Hunger, Mangel und Unterernährung vorkommen, ohne daß sie durch die Medien ins aktuelle Bewußtsein der Industrieländer gerückt werden.

Dauerhafte Abhilfe - hier sind sich die Experten einig - kann nicht in einer besseren Verteilung bereits produzierter Nahrungsgüter liegen, sondern nur im Aufbau einer effizienten lokalen Nahrungsmittelerzeugung. Lebensmittel sollen dort produziert werden, wo sie auch gebraucht werden. Nur so kann langfristig die Versorgung der Menschheit mit Nahrungsmitteln gesichert werden.

Agrikultur und Aquakultur müssen dabei nicht nur beide berücksichtigt werden, sondern auch Hand in Hand gehen. Die enge Verflechtung dieser beiden Zweige der Nahrungsmittelerzeugung beruht nicht nur auf einer integrierten Nutzung ländlicher Gegenden einschließlich ihrer Binnengewässer und Sümpfe, auf der Arbeitsbeschaffung für Menschen auf dem Land, sondern auch auf der gegenseitigen Nutzung von Investitionen und Abfallprodukten.

Die Aquakultur weist im Vergleich zur Seefischerei ein noch hohes Entwicklungspotential auf. Eingangs zitierte Schätzungen der FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) belaufen sich auf eine Verdopplung der Aquakulturproduktion im Zeitraum 1976 - 1986 und eine Verfünfachung von 1976 - 2006. Die Dominanz des Süßwasserfischs in Intensivhaltungen gegenüber Meeresfischen in ihrem Entwicklungspotential wurde bereits 1972 von LIEBMANN postuliert.

Es steht außer Zweifel, daß Produkte der Aquakultur hinsichtlich Nährwert und Geschmack als hochwertig einzustufen sind. Ihr hoher Gehalt an nahezu vollwertigem Protein macht sie schließlich besonders geeignet, zur Schließung der "Eiweißlücke" in der Welt beizutragen.

Die besondere Rolle der Aquakultur in der Ernährungswirtschaft wird dadurch noch unterstrichen, daß sie in nahezu allen Ländern, ob Küstenländern oder Binnenländern mit ausreichenden Wasservorkommen, eingerichtet werden kann (Ziffer 2 der Kyoto Declaration on Aquaculture, 1976).

Große Hoffnungen werden besonders in Ländern der Dritten Welt auf die Aquakultur als Nahrungsmittelerzeuger gesetzt. Anders als in den Industrieländern sind besonders in tropischen und subtropischen Gegenden riesige Gewässerflächen noch weitgehend ungenutzt. Die dort höhere Wassertemperatur begünstigt auch ein schnelles Wachstum entsprechender Fischarten.

Vordringliche Probleme sind dabei die Auswahl geeigneter Fischarten und deren richtige Fütterung. Dabei wird nicht verkannt, daß zur Einführung der Aquakultur bzw. ihrer Intensivierung in Entwicklungsländern auch andere Probleme (z.B. Infrastruktur, Kapital, Wissensvermittlung, Krankheitsbekämpfung) nahezu gleichrangig gelöst werden müssen. Dennoch, ohne geeignete Fischarten und lokale Ressourcen zu deren Ernährung stellen sich die anderen Fragen erst gar nicht.

Mein Heimatland Ägypten verfügt über ausreichende Wasserreserven. Regierung und Wissenschaft sind willens, Kapital in den Aufbau einer Intensiv-Aquakultur zu investieren. Die erste Phase der Prüfung von Fischarten und Futtermitteln auf ihre potentielle Eignung muß aber auf einen vernünftigen Zeitraum begrenzt werden können. Im Rahmen meines Studienaufenthalts in der Bundesrepublik Deutschland bzw. am Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät der Universität München war mir aufgetragen, mich in Kenntnisse und Methoden auf dem Gebiet der Fischernährung, besonders unter angewandten Gesichtspunkten, einzuarbeiten.

Die Erzeugung von Speisefischen setzt preiswerte und verfügbare Futtermittel voraus. Es ist - zumindest unter den Bedingungen meines Heimatlandes - undenkbar, Speisefische mit Importfuttermitteln zu produzieren. Das weltweit noch bevorzugte Fischmehl fällt daher aus.

Nach heutigem Kenntnisstand sind carnivore Fische zumindest auf einen gewissen Anteil tierischer Proteine im Futter angewiesen. Noch ist ungeklärt, ob dies mit den Begleitnährstoffen pflanzlicher Proteinträger wie Kohlenhydraten oder allein einer besseren Verdaubarkeit tierischer Proteine in Zusammenhang steht. Es ist dagegen eher unwahrscheinlich, daß die bessere Verwertung tierischer Proteine durch carnivore Fische eine Frage der Proteinqualität ist.

Von tierischen Abfallprodukten wie Federmehl, Schlachtabfällen, Blutmehl und anderen Tiermehlen ist bekannt, daß sie sinnvoll in Forellenrationen eingebracht werden können. Erprobt werden sollte eine einfache Versuchsanlage, welche eine grobe Abschätzung der Eignung dieser bzw. vergleichbarer Futtermittel erlaubt. Die Ergebnisse sollen dann mit den Schlußfolgerungen aus aufwendigeren Versuchsanlagen verglichen werden.

Im einzelnen sollten untersucht werden: Federmehl, Blutmehl, ein Proteinhydrolysat aus Schlachtabfällen sowie eine Probe Panseninhalt. Die Versuchsanlage wurde so gewählt, daß sie später mit nur geringfügigen Modifikationen auch an anderen Fischen bzw. mit anderen Proteinfuttermitteln durchzuführen ist.

Zwei prinzipiell unterschiedliche Versuchsmuster kamen zur Anwendung. Im Zulagenversuch wird das zu untersuchende Futtermittel einer proteindefizitären Basalration in verschiedenen Konzentrationen zugesetzt. Dabei wird ein eher komplexer Futterwert ermittelt. Im Austauschversuch wird dann das Futtermittel proteinäquivalent gegen ein tierisches bzw. pflanzliches Protein der vollwertigen Basalration ausgetauscht.

LITERATUR

Der Futterwert von Proteinfuttermitteln kann nur in Parametern der Proteinverwertung ausgedrückt werden. Seine Prüfung setzt Kenntnisse im Anspruch des jeweiligen Fisches an Proteinquantität und -qualität voraus. Gleichmaßen ist eine analytische Charakterisierung der zu untersuchenden Futtermittel unerlässlich.

2.1 Proteinverwertung

Parameter der Proteinbewertung versuchen, eine Voraussage über die Qualität des Proteins in Bezug auf den Bedarf eines Tieres für verschiedene Stoffwechselleistungen zu geben. Kriterien der Proteinverwertung unterscheiden sich hiervon insoweit, als sie die Deckung eines summarischen Proteinbedarfs in Abhängigkeit vom Angebot zu schätzen erlauben.

Bei der Verwertung von Futterprotein spielen eine Vielzahl von Einflußgrößen eine Rolle, zumal in der Praxis selten reine Proteine, sondern meist Eiweißfuttermittel bewertet werden. Art und Qualität der zahlreichen Rohproteine bestimmen dann im wesentlichen den komplexen Futterwert (PÖSCHNER, SIMON 1983).

Gebräuchlichster Maßstab der Proteinverwertung ist die N-Bilanz (N-Retention), die in Bilanzversuchen (N-Aufnahme minus N-Ausscheidung über Kot, Harn und Kiemen) oder durch Gesamtkörperanalysen (N-Bestand bei Versuchsende minus N-Bestand bei Versuchsbeginn) ermittelt werden kann.

Die N-Retention, ausgedrückt als Prozent der N-Aufnahme, wird als Produktiver Proteinwert (PPW) bezeichnet.

Von geringerer Bedeutung ist die Protein Efficiency Ratio (PER), welche das Verhältnis der Lebendmassezunahme zur Protein-Aufnahme angibt.

Erwartungsgemäß spiegeln diese Parameter die Qualität eines Proteins, seine Verdaulichkeit und seinen Gehalt an essentiellen (und nichtessentiellen) Aminosäuren sowie deren Verhältnis zueinander und die Aminosäuren-Verfügbarkeit wider. Sie sind aber auch abhängig von der Höhe des Proteinangebots, da eine Erhöhung der Proteinzufuhr den Ansatz nur in einen sehr engen Bereich hinein zu steigern vermag und bedarfsüberschreitende Proteinmengen den N-Ansatz schließlich überhaupt nicht weiter beeinflussen.

Eine Bestimmung des PPW und der PER ist daher streng genommen nur bei suboptimaler Proteinversorgung erlaubt. Bei bedarfsdeckender Protein- bzw. Aminosäuren-Versorgung sind kaum noch Unterschiede zwischen einzelnen Eiweißfuttermitteln zu erwarten. Die PPW ist hier eher ein Maß für die tierartspezifische, unter praktischen Fütterungsverhältnissen anzutreffende Proteinausnutzung. Andererseits werden an Forellen, selbst bei reichlicher Proteinzufuhr, noch Unterschiede in der Biologischen Wertigkeit von Proteinen gemessen, was letztlich zur Bestimmung der PPW auch bei bedarfsnahen Proteinkonzentrationen im Futter geführt hat. Schließlich ist noch anzumerken, daß PPW und PER-Werte verschiedener Futtermittel bzw. Futtermischungen nur bei gleicher Protein-(N)-Zufuhr miteinander verglichen werden dürfen.

Bei bedarfsnaher Proteinversorgung werden bei Forellen in der Regel PPW-Werte zwischen 20 und 35 % gemessen, die im Vergleich zu 30 - 60 % bei Säugetieren relativ niedrig liegen (OGINO, CHEN 1973, RYCHLY 1980, GROPP, KÜCHLE 1983, REITER 1984, SCHWALB-BÜHLING 1982). Diese Werte wurden mittels der Gesamtkörperanalyse ermittelt. Bei Anwendung der Bilanzmethode wurde allerdings auch schon ein PPW von 60 % gemessen, was wohl auf Sammelverluste, die bei dieser Berechnungsart dem N-Ansatz zugeschlagen werden, zurückzuführen sein dürfte.

Der PPW unterscheidet sich bei geringer und reichlicher Proteinversorgung von Forellen kaum (SCHWARZBACH 1981, BODECKER 1979, PAGE, ANDREWS 1973, LEE, PUTNAM 1973).

Beispiele für die Beeinflussung der PPW durch die Verdaulichkeit und Biologische Wertigkeit eines Proteins finden sich bei OGINO, CHEN (1973), durch den Vermahlungsgrad, der wiederum die Verdaulichkeit mitbestimmt, bei BODECKER (1979) sowie SCHWALB-BÖHLING (1980), durch die Futterzusammensetzung, d.h. den Kohlenhydrat- bzw. Fettgehalt, bei PHILIPPS et al. (1966, 1967), LEE, PUTNAM (1973), PAGE, ANDREWS (1973), STEFFENS, ALBRECHT (1973, 1975), OGINO, CHEN (1976), PFEFFER, POTTHAST (1977), RYCHLY, SPANNHOF (1979), RYCHLY (1980), WATANABE et al. (1979) sowie GROPP et al. (1982).

Aus den beiden letztgenannten Arbeiten geht besonders anschaulich hervor, daß bei geringeren Proteinkonzentrationen im Futter ein steigender Energie-(Fett-) Gehalt zu einer Verbesserung der Proteinverwertung und damit der PPW führt. Offensichtlich kann eine reichliche Energiezufuhr Futterprotein vor der energetischen Nutzung (Ansatz als Fett) schützen und mehr Protein für den N-Ansatz bereitstellen.

Die Energieverwertung von Forellen (ausgedrückt als Energieansatz, bezogen auf die Energieaufnahme: K_{tot}) liegt ebenfalls zwischen 20 und 35 % (LEE, PUTNAM 1973, STEFFENS, ALBRECHT 1973, PFEFFER, POTTHAST 1977, BODECKER 1979, SCHWARZBACH 1981, SCHWALB-BÖHLING 1982, GROPP, KÜCHLE 1983, REITER 1984). Unter besonders günstigen Bedingungen kann sie Werte zwischen 40 und 50 % erreichen (STAPLES, NOMURA 1976, BECK et al. 1977). Sie übertrifft damit erwartungsgemäß korrespondierende Werte homoöthermer Tiere beträchtlich.

2.1.1 Verdaulichkeit

Die Messung der Verdaulichkeit beruht in der Regel auf der vereinfachenden Annahme, daß der mit dem Kot ausgeschiedene Stickstoff den unverdaulichen Teil des über das Futter zugeführten Stickstoffs darstellt.

Damit stellt die Differenz zwischen oraler Protein-(N x 6,25) Aufnahme und faecaler Ausscheidung den verdaulichen Proteinanteil dar. Gleich wird mit anderen Nährstoffen und der Futterenergie verfahren.

Verfahren auf der geschilderten Basis erlauben nur die Bestimmung der sog. "scheinbaren Verdaulichkeit". Die Bezeichnung "scheinbar" drückt dabei aus, daß die Kotausscheidung an Nährstoffen auch endogene Anteile, die nicht unmittelbar der Futterzufuhr entstammen, enthält.

Die Bestimmung der Verdaubarkeit von Nährstoffen und der Energie ist bei Fischen mit besonderen Schwierigkeiten verbunden, die sowohl technischer als auch physiologischer Natur sind. Unter technischen Schwierigkeiten ist hier insbesondere die Sammlung von Kot in aquatischer Umgebung zu sehen. Leicht lösliche Kotbestandteile können ausgespült werden, abhängig von der Verweildauer des Kots im Wasser kann bakterieller Abbau diesen Anteil weiter erhöhen. Außerdem erlauben die geringen Futter- und Kotmengen bei relativ kleinen Fischen im Experiment keine Individualbestimmung, weswegen Gruppenhaltung notwendig wird (SCHWALB-BÖHLING et al. 1980).

Im Rahmen von Verdaulichkeitsuntersuchungen bei Fischen wurde die Indikatormethode mit Chrom(III)oxid erstmals von NOSE (1960) beschrieben.

Um die Gefahr des Auslaugens des Kots durch Verweilen im Wasser (NEHRING 1963, WINDELL et al. 1978) zu vermeiden, werden verschiedene Methoden zur Kotsammlung angewandt:

1. Abpressen des Kots (Stripping) (INABA et al. 1962, 1963).
2. Entnahme des Kots aus dem Enddarm nach Tötung des Fisches (NOSE 1960).
3. Mit Hilfe eines Kotsammelbeutels am After zum Zeitpunkt der Ausscheidung.
4. Katheterisierung des Fisches (POST et al. 1965).

5. Entnahme des Kots vor der Ausscheidung durch Absaugen des Kots aus dem Enddarm (WINDELL et al. 1978).
6. Kontinuierliche Entfernung des Kots aus dem Aquariumwasser (Guelf-System) nach der Ausscheidung (CHO und SLINGER 1979, SCHWALB-BÖHLING 1982).

Bei Fischen liegt die scheinbare Verdaulichkeit von tierischen Proteinen zwischen 80 und 90 %, von pflanzlichen Proteinen bei ca. 70 % (NOSE 1960, INABA et al. 1962, 1963, KITAMIKADO et al. 1964a, 1964b, MANN 1967, NOSE 1967, SMITH 1971, 1976, COWEY, SARGENT 1972, WINDELL et al. 1978, CHO, SLINGER 1979, BRETT, GROVES 1979, RYCHLY, STANNHOF 1979, SCHWALB-BÖHLING 1982).

2.1.1.1 Verdaubarkeit und Partikelgröße

In einem Versuch (BODECKER, 1979, SCHWALB-BÖHLING et al. 1980) wurden drei annähernd isokalorische und isonitrogene Rationen getestet, bei denen die Partikelgröße des Fischmehls max. 80 μ , 500 μ und 1000 μ betrug (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: DER EINFLUSS VON VERSCHIEDENEN VERMAHLUNGSGRADEN
AUF DIE VERDAULICHKEIT (nach BODECKER, 1979)

RP: 40 % im Futter
Fischmehl unterschiedlicher Partikelgröße
VERDAULICHKEIT

Max. Partikelgröße	80 μ	500 μ	1000 μ
T (%)	74.1	68.7	61.7
RP (%)	87.4	83.5	75.7
Rohfett (%)	88.3	84.9	81.2
Energie (%)	87.4	84.1	79.2

Die scheinbaren Verdaubarkeiten sämtlicher Futterinhaltsstoffe verschlechterten sich mit zunehmender Partikelgröße. Ebenso verringerte sich der Anteil an verdaulicher Energie, aber auch von Nettoenergie in den Rationen. Entsprechend wurde die beste Futterverwertung bei der Ration mit der kleinsten Partikelgröße festgestellt.

KITAMIKADO et al. (1964 a) stellten ebenfalls fest, daß mit zunehmender Partikelgröße die Verdaubarkeit der in Weißfischmehl enthaltenen Nährstoffe abnimmt. Sie fanden auch bei kleinen Fischen (unter 6 g) eine reduzierte Fähigkeit zur Proteinverdauung. Die Proteinverdaulichkeit von Weißfischmehl sank von durchschnittlich 82 % bei größeren Tieren auf 69 % bzw. 40 % bei 6,4 bzw. 5,6 g schweren Regenbogenforellen.

2.1.1.2 Verdaubarkeit und Wassertemperatur

Mit fallender Wassertemperatur sinkt auch die Verdaubarkeit von Nährstoffen, wie das SCHWALB-BÖHLING 1982 überzeugend zeigen konnte. In Tab. 2 sind die Daten von SCHWALB-BÖHLING hinsichtlich der Trockensubstanz-, Rohprotein- und Energieverdaulichkeit zusammengefaßt.

Tab. 2:

VERDAULICHKEIT und WASSERTEMPERATUR (9 -15°C)

	Anhebung/1°C	Echt-Wert bei 9°C)
T	1,2 %	74,7%
RP	0,7 %	85,2%
Energie	0,8 %	86,6%

2.1.1.3

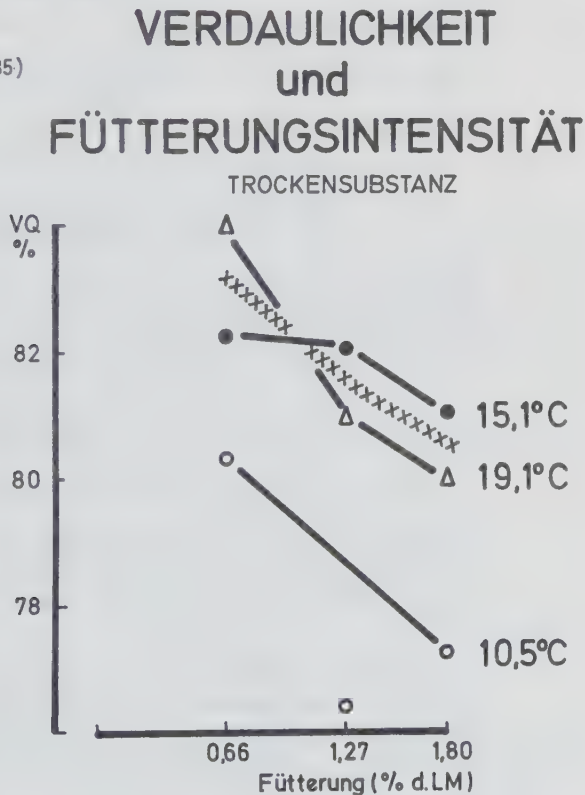
Verdaubarkeit und Fütterungsniveau

Abb. 1 läßt neben der Beziehung T-Verdaubarkeit und Wassertemperatur schließlich auch erkennen, daß mit steigender Futterzufuhr die Verdaulichkeit der Futtertrockensubstanz abnimmt. Davon betroffen sind die Nährstoffe des Futters in etwa gleichem Maße.

Dieser Befund ist auch eine der Ursachen für die bereits ab einer relativ geringen Futterzufuhr (ca. 0,6 % der LM täglich) sich verschlechternde Futterverwertung bei einer weiteren Verzehrsteigerung.

Abb. 1:

(GROPP, 1985)



Gropp, Schwarzbach 1981

2.1.2 Proteinqualität

Die Proteinqualität wird in der Regel als Biologische Wertigkeit (BW) oder Netto-Protein-Utilisation (NPU) ausgedrückt.

Dabei weichen die Definitionen beider Parameter von der für Säugetiere gültigen Formeldarstellung ab (CASTELL und TIEWS 1980), da bei Fischen die N-Ausscheidung über die Kiemen zusätzlich mitgemessen werden muß.

$$BW = \frac{N_{\text{Futter}} - N_{\text{Kot}} - N_{\text{Harn}} - N_{\text{Kiemen}} + DVN + EHN + EKN}{N_{\text{Futter}} - N_{\text{Kot}} + DVN}$$

$$NPU = \frac{N_{\text{Futter}} - N_{\text{Kot}} - N_{\text{Harn}} - N_{\text{Kiemen}} + DVN + EHN + EKN}{N_{\text{Futter}}}$$

DVN: Darmverluststickstoff

EHN: endogener Harnstickstoff

EKN: endogener Kiemenstickstoff

Die Biologische Wertigkeit gibt somit an, wieviel des tatsächlich verdauten Futterproteins für die körpereigene Proteinsynthese genutzt werden kann. Die NPU unterscheidet sich von der BW lediglich durch den Bezug des Synthesevermögens auf den zugeführten Futter-Stickstoff anstelle des absorbierten Stickstoffs.

Die theoretisch notwendige Einbeziehung des durch Hautabschilferungen und Schleimbildung entstehenden N-Verlusts in die Summe der N-Ausscheidungen unterbleibt hier ebenso wie in aller Regel bei der an Säugetieren angewandten Bilanztechnik.

Die Bestimmung der BW und der NPU nach den oben angeführten Formeln, welche die quantitative Sammlung aller N-Ausscheidungen notwendig macht, stößt aus methodischen Gründen (aquatische Umgebung) auf große Schwierigkeiten.

Deshalb wurde versucht, sich der Bestimmung der NPU auf anderem Wege zu nähern. Der N-Ansatz (N-Futter minus N-Kot minus N-Harn minus N-Kiemen) kann auch über Tierkörperanalysen gemessen werden (N-Fisch zu Versuchsende minus N-Fisch zu Versuchsbeginn). Die endogenen Verluste (normalerweise DVN + EHN + EKN, bei N-freier Fütterung erfaßt) werden den N-Verlusten während einer gleich langen Hungerperiode gleichgesetzt (N-Fisch zu Versuchsbeginn minus N-Fisch bei Ende der Hungerperiode). Damit wird die NPU methodisch besser zugänglich.

Dennoch liegen nur ganz wenige Versuche zur NPU-Bestimmung vor, die Versuchsbedingungen sind meist derart verschieden, daß eine vergleichende Futtermittelbewertung derzeit anhand der NPU auch in Ansätzen nicht möglich ist.

2.2

Proteinbedarf

Der Rohproteinbedarf von Fischen, insbesondere von Salmoniden, ist mit ca. 40 - 60 % im Futter wesentlich höher anzusetzen als bei anderen Tierarten (z.B. Säugetiere und Geflügel (ca. 15 - 30 %)). WOOD et al. (1957) berichten, daß Rohproteingehalte in Fischfuttermitteln Konzentrationen bis zu 65 % der Diät erreichen.

COWEY faßte 1979 den Rohproteinbedarf unterschiedlicher Fischarten nach verschiedenen Autoren zusammen (Tab. 3).

Tab. 3 ROHPROTEINBEDARF (g/kg Fischfutter)
(zitiert nach COWEY, 1979)

Fischarten	RP g/kg	Referenzen
Forelle (<i>Salmo gairdneri</i>)	400 - 460	SATIA (1974) ZEITOUN et al. (1976) TIEWS et al. (1976)
Karpfen (<i>Cyprinus carpio</i>)	380	OGINO, SAITO (1970)
Königslachs (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	400	DELONG et al. (1958)
Aal (<i>Anguilla japonica</i>)	445	NOSE, ARAI (1972)

Vielfach wurden diese hohen Zahlenwerte insofern als unecht angesehen, als sie nicht den tatsächlichen Bedarf für die Körperproteinsynthese, sondern zugleich noch die energetische Nutzung von Protein widerspiegeln sollen. Tatsächlich kann durch Erhöhung der Energiedichte einer Ration der "Bedarf" nicht unerheblich gesenkt werden (s. 2.2.2).

Andererseits hat GROPP (1985) eine faktorielle Bedarfsberechnung vorgenommen, welche die bisher bekannten Zahlenwerte in etwa bestätigt (Tab. 4).

Tab. 4:

(GROPP, 1985)

Proteinbedarfsschätzung

10 Forellen, Stückgewicht: 100g
 1,4% Tageszuwachs, Gewichtsverdopplung
 in 50 Tagen
 Futtermittelverwertung: 1,10g Futter/g LMZ
 Wassertemperatur: 15° C

Nettobedarf

Erhaltung : $10 \times 92,9 = 929$ mg/Tag	46 g
Zuwachs : 1 kg ; 17,1% Protein	171 g
für DVN : 3,5 g N/kg Futter	24 g
Summe	241 g

Annahmen

Biologische Wertigkeit : 0,7	+ 103 g
Verdaubarkeit : 0,88	+ 47 g

Brutto	391 g
---------------	--------------

% im Futter : 35,5

Bedarfsempfehlungen : 40-46 (37,5) %

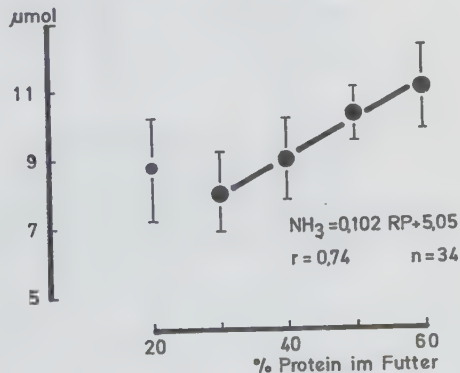
Für die Echtheit des zahlenmäßig hohen Proteinbedarfs sprechen auch die Befunde, daß bei relativ hoher Proteinzufuhr noch Unterschiede in der Biologischen Wertigkeit gemessen werden konnten (s. GROPP, 1982). Die Proteinqualität bestimmt den Bedarf insoweit, als geringfügige Unterschiede in der Wertigkeit, die auf einem Mangel an einer oder mehreren essentiellen Aminosäuren beruhen, durch eine Mehrzufuhr mehr oder weniger vollständig kompensiert werden können.

Eine ansteigende Proteinzufuhr muß sich in einer zunehmenden Stickstoff-Ausscheidung niederschlagen. Wird der "Bedarf" überschritten, findet sich jeder verdaute, über dieses Maß zugeführte Stickstoff in den Ausscheidungen von Nieren und Kiemen. In der Regel (bei Säugetieren) ist die Plasma-N-Konzentration eng mit der N-Ausscheidung korreliert. GROPP berichtete kürzlich (1985) über Untersuchungen an Forellen, die über 12 bis 18 Monate mit 20 bis 60 % RP-haltigen Futtermischungen gefüttert worden waren. Die Ergebnisse sind in Abb. 2 dargestellt. Proteinkonzentrationen von 30 bis 60 % im Futter bewirkten einen annähernd linearen Anstieg der Ammoniakbildung in der Leber. Demnach scheinen bei ca. 60 % Protein im Futter keine grundsätzlich schlechteren Verhältnisse der Protein-Verwertung zur Synthese vorzuliegen als bei 30 oder 40 % RP.

Abb. 2:

PROTEINVERSORGUNG und AMMONIAKBILDUNG $\mu\text{mol NH}_3/\text{g Leber}$

(GROPP, 1985)



Der Bedarf an Rohprotein ist letztlich eine Folge des Bedarfs an essentiellen (und nichtessentiellen) Aminosäuren.

2.2.1

Aminosäurebedarf

Aminosäurebedarfswerte erläutern den qualitativen Aspekt einer Bedarfsszahl Rohprotein.

Ein Methioninzusatz von 2 % zeigte bei Bachforellensetzlingen ein verbessertes Wachstum und eine Steigerung des Proteinansatzes, aber nur bei energiereichen Diäten mit hohem Eiweißgehalt (McCARTNEY 1967). In einem anderen Versuch stellten PHILLIPS et al. (1964) fest, daß Bachforellen bei Methioninzusatz zum Futter eine Verbesserung im Wachstum aufweisen. Ein ähnliches Ergebnis bei Regenbogenforellen erhielten STEFFENS, ALBRECHT (1976) bei Zusatz von 3 % Methionin zum Protein aus Trockenfutterhefe und Sojaprodukten. Methionin-Zusatz bewirkte eine bessere Zunahme der Fische sowie eine Verbesserung der PER und des PPW.

1977 fanden POSTON et al., daß ein Mangel an Methionin (zusammen mit anderen Ursachen, insbesondere Riboflavinmangel) kataraktogene Veränderungen mit sich bringt. Auf jeden Fall aber verhinderte eine ausreichende Versorgung mit Methionin die Kataraktentwicklung.

Als erste systematische Untersuchungen wurden die von HALVER (1957) an Setzlingen des Chinook Salmon (pazifischer Lachs) ermittelten Werte auf Forellen übertragen. Tab. 5 gibt eine Übersicht über diese Werte.

Umfassende neuere Untersuchungen über den Bedarf von Regenbogenforellen und Karpfen aufgrund des täglichen Anstiegs der essentiellen Aminosäuren im Fischkörper sind von OGINO (1980) durchgeführt worden. Den Bedarf drückte OGINO in % vom Rohprotein

Tab. 5: **AMINOSÄURENBEDARF (% vom RP)**
(zit. nach GROPP, 1982)

Threonin	2,25
Lysin	5,0
Methionin*	1,5
Leucin	3,9
Isoleucin	2,5
Valin	3,2
Phenylalanin**	5,1
Tryptophan	0,5
Arginin	6,0
Histidin	1,7

* Bei 1,8 % Cystein

** Phenylalanin + Tyrosin: 6 - 7 %

aus, wobei er 40 % Rohprotein mit 80 % Verdaulichkeit voraussetzte. Dabei betonte OGINO (Tab. 6) die Ähnlichkeit der Bedarfswerte zwischen Regenbogenforelle und Karpfen.

Tab. 6: **AMINOSÄURENBEDARF**
FÜR REGENBOGENFORELLEN UND KARPFFEN
in % vom Rohprotein (OGINO, 1980)

AS	Regenbogenforelle	Karpfen
Lysin	5,3	5,3
Histidin	1,6	1,4
Arginin	3,5	3,8
Tryptophan	0,5	0,6
Cystin	0,9	0,8
Methionin	1,8	1,6
Tyrosin	2,1	2,0
Phenylalanin	3,1	2,9
Threonin	3,4	3,3
Valin	3,1	2,9
Isoleucin	2,4	2,3
Leucin	4,4	4,1

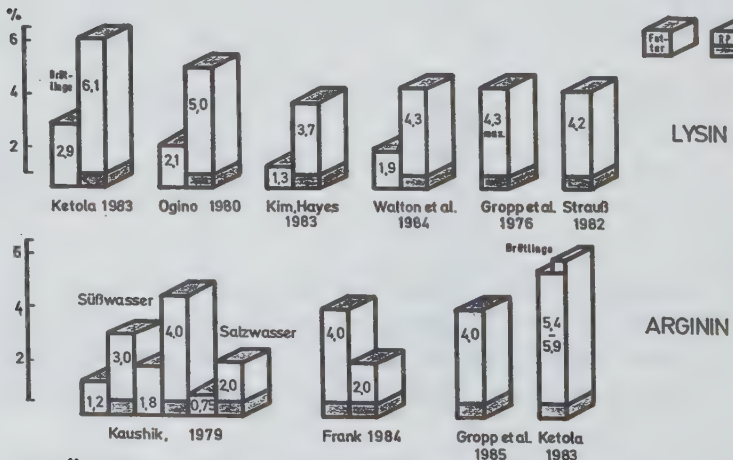
Heute liegen zu den einzelnen Aminosäuren unterschiedlich viele und nach verschiedenen Methoden ermittelte Bedarfswerte vor. Abb. 3 vermittelt einen Überblick über neuere Bedarfswerte bei Lysin und Arginin.

Für Brütlinge scheinen demnach deutlich höhere Werte zu gelten. Für Setzlinge und größere Forellen dürften heute 4,3 % Lysin im Protein und 3-4 % Arginin als ausreichend gelten. Für Tryptophan scheinen sich eher etwas höhere Werte als früher angenommen (0,5 % vom RP) einzupendeln. Spannen von 0,5 - 0,75 % entsprechen neueren Untersuchungen (nach GROPP, 1985). Dieselbe Entwicklung scheint auch für Threonin zu gelten. Erste Werte nennen noch 2,25 % im RP als ausreichend, OGINO (1980) gibt 3,4 % an und GROPP (1985) weniger als 3,2 %. Ca. 3 % Schwefelaminosäuren (Methionin und Cystein) dürften heute als bedarfsdeckend gelten.

Die großen Unterschiede zwischen den einzelnen Autoren hinsichtlich der Aminosäurenangaben sind zum großen Teil sicher nicht nur auf das Fischmaterial, sondern auch auf die unterschiedliche angewandte Methodik bzw. die Versuchsparameter zurückzuführen.

Abb. 3:

(GROPP, 1985)



SCHÄTZUNGEN DES AMINOSÄUREN-BEDARFS

2.2.2 Proteinsparende Wirkung von Futterfetten

Bereits eingangs wurde darauf hingewiesen, daß durch Erhöhung der Energiedichte einer Futtermischung Nahrungsprotein offensichtlich vor dem Abbau geschützt werden kann. Da Kohlenhydrate bei carnivoren Fischen nur begrenzt verwertet werden können, kommen hierfür nur Fette in Frage.

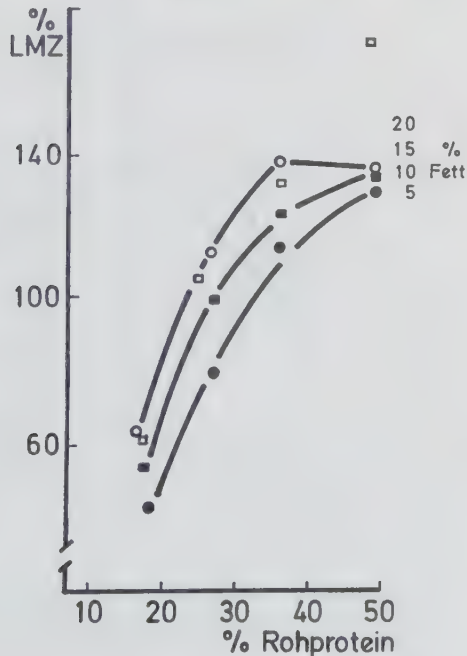
1979 haben WATANABE und Mitarbeiter umfangreiche und schlüssige Untersuchungen zu diesem Bereich vorgelegt.

Aus Abb. 4 geht die Beziehung zwischen Lebendmassezunahme (LMZ) und Protein- sowie Fettkonzentration im Futter hervor. Eine Erhöhung der Proteinkonzentration von 20 bis 50 % im Futter führt

Abb. 4:

PROTEIN / ENERGIE

Watanabe et al. 1979



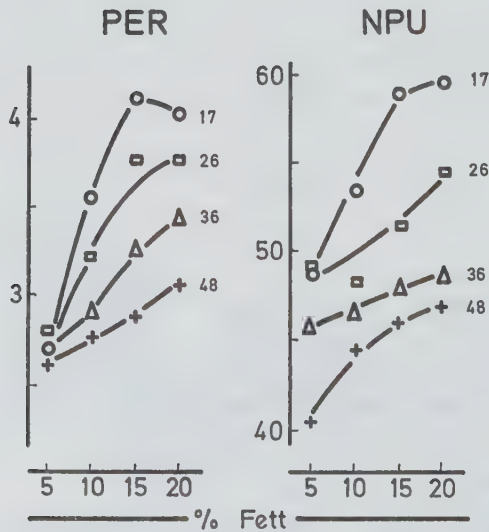
zu einer überaus deutlichen Anhebung der Gewichtsentwicklung. Die maximale LMZ wird bei 5 und 10 % Fett im Futter erst in der 50 % RP-Gruppe erreicht, bereits aber bei 35-40 % RP, wenn 15 bis 20 % Fette im Futter enthalten sind.

Abb. 5 zeigt den Einfluß einer Fettzulage auf die Parameter der Proteinverwertung, die Protein Efficiency Ratio (PER) und die NPU. Auch hier führte mehr Fett im Futter unabhängig von der Proteinversorgung zu einer besseren Proteinauswertung. Rationen mit geringem Proteingehalt lassen durch Fettzusatz eine stärkere Verbesserung der Proteinverwertung erkennen als Hochproteinrationen.

Abb. 5:

PROTEIN / ENERGIE

Watanabe et al. 1979



Die Autoren schließen aus ihren Befunden, daß bei etwa 17.5 % Fett im Futter der Proteinbedarf von Forellen mit ca. 37.5 % gedeckt ist.

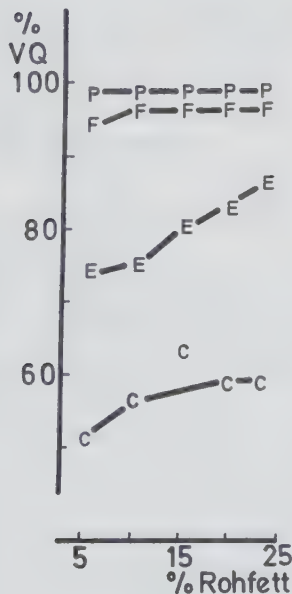
Abb. 6 weist auf einen interessanten Nebenbefund hin. Die RP-Verdaubarkeit wird durch steigende Fettkonzentrationen offensichtlich nicht beeinflusst.

Die Fett-Verdaubarkeit steigt geringfügig an, besonders deutlich aber die Kohlenhydratverdaulichkeit. Dies dürfte mit dem reduzierten Kohlenhydratgehalt fettreicher Futtermischungen im Zusammenhang stehen. Als Folge beider Befunde nimmt die Verdaubarkeit der Energie besonders deutlich zu.

Abb. 6:

PROTEIN / ENERGIE

Watanabe et al. 1979



Über die Ergebnisse eines Versuchs unter praxisnäheren Bedingungen mit engeren Protein- und Fettabstufungen berichteten GROPP et al. 1982. Tab. 7 informiert über den Einfluß von 10; 12.5 und 15 % Fett bei 30 - 45 % Protein im Futter auf die Lebendmassezunahme.

Aus den Daten kann geschlossen werden, daß 5 % Fett ca. 5 % Rationsprotein sparen können. Gleichwohl, beste Zunahmen wurden auch in diesem Versuch nur bei 45 % Protein im Futter erzielt.

Tab. 7:

PROTEIN/ENERGIE-VERHÄLTNIS **Lebendmassezunahme(g)** LM bei VB : 75g ; Versuchsdauer: 21 Wochen

FETT (%)	PROTEIN (%)			
	45	40	35	30
10	218	205	187	160
12,5	231	208	186	164
15	228	218	203	188

Gropp et al. (1983)

2.3

Proteinfuttermittel

Bei der intensiven Fischproduktion ist der Aufwand für die Futtermittel nach wie vor der Hauptkostenfaktor. Insbesondere dem Ersatz des allgemein teuren und begrenzt zu Verfügung stehenden Fischmehls als einem der Hauptproteinträger in diesen Mischfuttermitteln wurde in den letzten Jahren zunehmend Beachtung geschenkt.

Besonders wichtig dürfte es sein, billigere vollwertige Fischfutter zu entwickeln. Zur Zeit entfallen 40 % der Gesamtkosten in der Forellenzucht auf die Beschaffung des Futters. Die Entwicklung von billigerem Mischfutter ist deshalb von hervorragender Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit der Fischeaquakultur (TIEWS et al. 1975).

Es handelt sich hierbei in erster Linie um den Ersatz von Fischmehl durch unkonventionelle oder Abfallproteine. Problemlos gelingt heute der mehr oder weniger vollständige Ersatz von Fischmehl durch Abfallprodukte der tierischen Produktion und andere tierische Futtermittel (GROPP, 1982).

2.3.1

Tierische Proteinfuttermittel

Protein aus Fischmehl oder Fischproteinkonzentrat ist als alleinige Proteinquelle zur Forellenfütterung hervorragend geeignet. Daneben haben andere tierische Proteinfuttermittel ein zunehmendes Interesse gefunden.

Mit der Entwicklung der industriemäßigen Tierproduktion sind Ausbau und Konzentration der Schlachtkapazität eng verbunden. Durch diesen Konzentrationsprozeß wird objektiv die Möglichkeit geschaffen, sowohl von der Seite der Ökonomie als auch der Hygiene die in der fleischverarbeitenden Industrie anfallenden, für die menschliche Ernährung und die Leichtindustrie nicht ver-

wertbaren Teile der Schlachtkörper planmäßig in der Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere, insbesondere in der Geflügel- und Fischfütterung einzusetzen. Dabei ist insbesondere die industriemäßige Aufbereitung dieser Abprodukte zu Futtermitteln von Bedeutung. Außer der Haut und den Hautanhangsorganen, deren Protein vor allem die Gerüsteiweiße Kollagen und Keratin enthält, ist das Protein der Schlachthofabfälle lysinreich. Der Energiegehalt ist auf Grund des relativ hohen Fettgehalts in vielem für die menschliche Ernährung nicht verwertbarem Material beträchtlich (HENNIG, POPPE 1976). In verschiedenen Untersuchungen über den Einsatz von Nebenprodukten tierischer Herkunft in der Forellenernährung konnten Futterrationen erstellt werden, mit denen weit bessere Verwertungskennziffern zu erzielen waren, als es mit praxisüblichen Mischungen normalerweise möglich ist (SCHULZ et al. 1981). Aus dem Bericht von TIEWS et al. (1975) läßt sich ersehen, daß die Autoren schon frühzeitig 70 % Fischmehl als alleinige Proteinquelle ihre Standardration auf 35 % reduziert haben. Daneben verwendeten sie 15 % Federmehl und 20 % Geflügelschlachtabfälle. Die Leistungen fielen eher zugunsten der fischmehlärmeren Futtermischung aus: 262 g LMZ in 120 Tagen bei einer Futterverwertung von 1.13 g Futter/g Zuwachs, 70 % Fischmehlgruppe 249 g LMZ, 1,19 g Futter/g Zuwachs.

2.3.2

Pflanzliche Proteinfuttermittel

Soja ist die überragende Proteinquelle pflanzlicher Art in der gesamten Nutztierernährung. Sojaextraktionsschrot, das Standardprodukt bei Geflügel und Schweinen ist im Bereich der Forellenfütterung von untergeordneter Bedeutung. Allenfalls teure Sojaproteinkonzentrate können mit Erfolg eingesetzt werden. So kann Fischmehlprotein zu 25 % durch ein solches Sojaproteinkonzentrat (Haypro) ersetzt werden (GROPP, 1984). KOOPS et al. (1976) ersetzten Fischmehl völlig durch Sojaprotein in Form von Sojafeinmehl und isoliertem Sojaprotein (Purina). Der Gewichtszuwachs betrug weniger als die Hälfte der Fischmehlkontrollgruppe. Ein Zusatz von Aminosäuren beeinflusste die Futterverwertung nicht.

Auch KIECKHÄFER (1980) erzielte schlechtere Wachstumswerte bei teilweisem Ersatz von tierischem Protein durch getoastete Sojabohnen.

Bei Untersuchungen über die Möglichkeiten zur Senkung des Fischmehlanteils im Futter für Regenbogenforellen verglichen STEFFENS und ALBRECHT (1976) ein Futter mit tierischem Eiweiß mit einer Futtermischung mit reduziertem Anteil an tierischem Eiweiß und Zusatz von pflanzlichem Eiweiß (Sojaextraktionsschrot) und Trockenfutterhefe - sowohl mit als auch ohne Methioninergänzung. Sie fanden, daß tierisches Protein nicht gleichwertig ersetzt werden konnte. Der AS-Zusatz wirkte sich geringfügig günstig aus. GRABNER und HOFER (1985) beobachteten, daß Sojabohnenprotein - "obwohl nicht ganz vollwertig" - in vielen Fällen als Ersatz für das zu teuer gewordene Fischmehl bei der Herstellung von Futtermitteln verwendet wird. Sojaprotein wird von Forellen und Karpfen zu einem höheren Prozentsatz verdaut als das Protein der Ackerbohne. Sie stellten fest, daß bei vermehrter Zugabe schwefelhaltiger Aminosäuren Ackerbohnenprotein als Alternative für Sojaprotein zur Herstellung von Fischfutter (vor allem für Forellen) herangezogen werden könnte.

GROPP referierte 1985 über die gesammelten Erfahrungen, die in Zusammenarbeit mit dem Institut für Küsten- und Binnenfischerei der Bundesforschungsanstalt in Hamburg (TIEWS und Mitarbeiter) und des Instituts für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie in München (GROPP und Mitarbeiter) hinsichtlich des Einsatzes pflanzlicher Proteine im Forellenfutter gewonnen werden. Die Angaben finden sich in Tabelle 8.

So konnten mit einer fischmehlfreien Ration, die 31 % der oben genannten pflanzlichen Proteinträger, 20 % Geflügelmehl, 5 % Federmehl und 7.5 % Fleischknochenmehl enthielt, bessere Ergebnisse als mit einer 70 % Fischmehlrations erhalten werden.

Tab. 8: PFLANZLICHE PROTEINE IM FORELLENFUTTER

Empfohlene Höchstgrenzen
Angenommener RP-Gehalt: 45 % im Futter

Futtermittel	% RP	% im Futter (max.)	% v.Rations- protein
Sojakonzentrat	60	40 ^{*)}	ca. 50
Maiskleber	60	10 ^{*)}	ca. 13
Weizenkleber	60	10	ca. 18
Süßlupinen	40	20	ca. 18
Ackerbohnen	25	20	ca. 11
Rapsschrot	20	< 5	< 2,0
SCP (Methanol)	80	25	ca. 50

^{*)} Gehalt an Xantophyll limitierend

Hinsichtlich der Verwendung von Single Cell Protein unterschiedlicher Herkunft wird auf die Übersicht von GROPP und KÖCHLE (1983) verwiesen.

2.3.3

Gereinigte Proteinfuttermittel

Eine wesentliche Voraussetzung für systematische ernährungsphysiologische Untersuchungen an Nutzfischen ist die Möglichkeit des Einsatzes von gut standardisierbaren Futtermischungen aus wenigen Komponenten. Dabei ist erstrebenswert, daß als Komponenten möglichst reine Nährstoffe verwendet werden, damit Einzelwirkungen klar herausgearbeitet werden können. In diesem Zusammenhang bietet sich als Proteinträger Casein an, das sich bei anderen Tierarten als reines Protein von hohem ernährungsphysiologischem Wert bewährt hat. MESKE und PFEFFER (1977) haben bei einem Fütterungsversuch an jungen Karpfen festgestellt, daß Casein mit einer Sauermolken/Soja-Vormischung von Karpfen sehr gut verwertet werden kann.

Ein Jahr später wurde von PFEFFER und MESKE (1978) geprüft, ob Casein auch als alleiniger Proteinträger im Karpfenfutter eingesetzt werden kann. Sie berichten über Versuche, in denen Futtermischungen mit Casein und/oder Krillmehl als einzigem Proteinträger an Karpfen gefüttert wurden. In einem Versuch wurden neun Mischungen verglichen, die sich im Proteingehalt (20, 30, 40 %) und im Verhältnis Casein: Krillprotein (10:0, 5:5, 0:10) unterschieden. In einem zweiten Versuch enthielten sechs Mischungen etwa 40 % Protein aus Casein und Krillmehl in den Verhältnissen 10:0, 9:1, 8:2, 7:3, 6:4 und 5:5. In beiden Versuchen wurde jeweils auch ein fischmehlhaltiges Forellenfutter aus dem Handel als Kontrollfutter eingesetzt. War Casein alleiniger Proteinträger, so traten starke Ausfälle auf und das Wachstum sistierte nach wenigen Wochen. Die Steigerung des Proteingehalts im Futter bewirkte in diesem Fall eine Senkung des Proteinansatzes der Karpfen, günstigste Zuwachsergebnisse wurden erzielt, wenn bei 40 % Rohprotein im Futter Casein und Krillmehl zu gleichen Teilen vertreten waren. Auch bei Regenbogenforellen bewirkte Casein als alleinige Proteinquelle ein stark reduziertes Wachstum. Futterverwertung und PER wurden bei steigender Caseinkonzentration in der Diät ebenfalls deutlich negativ beeinflusst (PFEFFER et al. 1980).

RUMSEY und KETOLA (1975) ergänzten eine Caseindiät für Junglachs mit essentiellen Aminosäuren. Als Kontrolle fütterten sie Fischproteinkonzentrat (FPC). Die Caseindiät mit Aminosäurenzusatz zeigte bessere Ergebnisse. Die Wachstumsrate stieg signifikant an und die Futterverwertung verbesserte sich.

Die gute Eignung einer Casein-Gelatine-Diät bestätigen auch COWEY et al. (1981), da sie in einem Fütterungsversuch (9 Wochen) an Forellen zwischen Fischmehl und Casein als Proteinquellen keine Unterschiede in Wachstum feststellen konnten.

HALVER (1957b) konnte Lachse mit einer Diät auf Casein-Gelatine-Basis über einen Zeitraum von 18 Wochen vollwertig ernähren, ohne daß Mangelsymptome oder eine abnorme Mortalität auftraten.

1971 fand NOSE in einem Fütterungsversuch (an Forellen) für Casein und Fischmehl annähernd gleich gute Gewichtszunahmen bei gleichen Mengen aufgenommenen Stickstoffs. Im Gegensatz dazu fand STRAUSS (1982), daß bei Forellen mit Casein (gereinigte Diäten) Wachstumsraten wie mit Fischproteinkonzentrat (FPC) bei entsprechender Versuchsdauer (16 Wochen) nicht erreicht wurden. Casein bewirkte im Gegensatz zu FPC Fettlebern.

FRANK (1984) berichtet, daß ein Zusatz von Schwefelaminosäuren zu Casein als einziger Proteinquelle (26 % Rohprotein im Futter) bei Forellen die Wachstumsrate und die Futterverwertung verbesserte.

Die Ergänzung von Casein-Gelatine-Rationen mit L-Cystin (0.4 % der Mischung) bzw. DL-Methionin (0.6 % der Mischung) bei Forellen erwies sich als günstig. Mit Caseingehalten von 50 % (bei 10 % Gelatine) wurden bessere Ergebnisse erhalten als mit 40 % Casein und 10 % Gelatine (REITER, 1984).

2.3.4 Proteinfuttermittel im Versuch

Zwei in den eigenen Untersuchungen eingesetzte Futtermittel können im folgenden etwas ausführlicher besprochen werden.

2.3.4.1 Federmehl

Geflügelfedern zur Herstellung von Eiweißfutter sind seit längerer Zeit Gegenstand von Untersuchungen gewesen. Dabei dominieren Fütterungsversuche mit getrockneten hydrolysierten Federn. Federmehl ist mit wechselndem Erfolg sowohl in der Geflügelfütterung als auch in der Wiederkäuerfütterung eingesetzt worden (HENNIG, POPPE 1976).

Tab. 9: **Rohnährstoffgehalt (%)**
DRUCKAUTOKLAVIERTE FEDERN und
Aminosäuren (mg/100 mg Federprotein)

Trockensubstanz	25.9	Glutaminsäure	12.4
Rohprotein	21.9	Prolin	11.6
Rohfett	0.9	Glycin	8.0
Rohasche	0.8	Alanin	3.5
		Valin	8.5
Lysin	2.1	Isoleucin	6.7
Histidin	0.8	Leucin	12.2
Arginin	6.1	Tyrosin	2.6
Asparaginsäure	6.8	Phenylalanin	6.6
Threonin	5.2	Cystin	3.1
Serin	10.3	Methionin	0.6

Mehr als 80 % der Federtrockensubstanz sind Rohprotein. Der Gehalt an Rohfett und Rohasche spielt eine untergeordnete Rolle. Das Aminosäurenmuster ist nicht dem des zu erzeugenden Fleisch- oder Frischeiweisses adäquat (Tabelle 9). So sind die Daten für Lysin und Histidin niedrig; die erste limitierende Aminosäure des Federproteins ist Lysin. Obwohl für Methionin ein Wert von 0.6 % nachgewiesen wurde, ist der Gehalt an Thioaminosäuren mit 3.7 % als optimal zu bezeichnen (GRUHN et al, 1975).

Einen entscheidenden Einfluß auf die Verdaulichkeit und den Futterwert haben das Aufschlußverfahren und die Trocknungsprozedur. Eine Druckhydrolyse von 4 KP/cm³ Überdruck und 90 Minuten Hydrolysezeit stellen offensichtlich ein hochverdauliches Federeiweiß zur Verfügung. Die Verdaulichkeit des Federeiweisses betrug bei Schweinen 75 %, bei Geflügel 83 %. Dieser Wert ist mit der hohen Verdaulichkeit des Proteins von wertvollen Eiweißfuttermitteln gleichzusetzen (GRUHN et al. 1975). TIEWS et al. (1975) berichten, daß Federmehl, wie es bei der Geflügelschlachtung in großen Mengen anfällt, eine Eiweißquelle darstellt, die nur vom Fisch nicht aber von anderen Tieren in nennenswertem Umfang (bis zu 40-50 % in der Ration) in körpereigenes Eiweiß umgesetzt werden kann.

Tab. 10: ERSATZ VON FISCHMEHL DURCH GEFLÜGELABFALL- UND FEDERMEHL

GROPP et al. (1976)

(1) 125 Versuchstage, 96 Fütterungstage (11.1°C)

(2) 88 Versuchstage, 68 Fütterungstage (13.8°C)

(3) 102 Versuchstage, 69 Fütterungstage (11.5°C)

Experiment	Standardfutter (70% Fischmehl)	Geflügelabfall- u. Federmehl in % des Rationsproteins				
		25	50	75	100	100+AS
Fischmehl %	70.0	52.5	35.0	17.5	---	---
Geflügelabfallmehl %	---	10.0	20.0	30.0	40.0	40.0
Federmehl hydrolysiert %	---	7.5	15.0	22.5	30.0	30.0
Aminosäuren ¹⁾ %	---	---	---	---	---	2.324
Rohprotein (%)	46.1	47.2	50.2	52.6	48.1	48.9
Zuwachs (g)						
Experiment I	201	214	215	---	---	---
Experiment II	133	142	127	124	117	126
Experiment III	172	---	---	189	---	---
Relativwert	(100)	(107)	(102)	(102)		
g Futter/g Zuwachs						
Experiment I	0.99	0.93	0.94	---	---	---
Experiment II	1.33	1.24	1.41	1.40	1.52	1.37
Experiment III	1.40	---	---	1.36	---	---
Relativwert	(100)	(94)	(101)	(101)		

¹⁾ Aminosäureenergänzung: 1.7 % L-Lysin HCl; 0.48 % DL-Methionin;
0.144 % DL-Tryptophan

In mehreren Experimenten wurde Fischmehl durch eine eiweißäquivalente Mischung von Geflügelschlachtabfällen und hydrolysiertem Federmehl ersetzt (Tab. 10). GROPP et al. (1976) berichten, daß 3/4 des Fischmehleiweißes der Standardration (= gleichwertig mit 52.5 % des Fischmehls im 46 % Rohprotein-Standard) durch Geflügelschlachtabfälle (30 %) und hydrolysiertes Federmehl (22.5 %) ersetzt werden können. Selbst eine Mischung aus den genannten Proteinquellen als alleinige Proteinquelle (Tab. 10) führte bei Lysinergänzungen noch zu brauchbaren Ergebnissen.

In einem anderen Versuch derselben Autoren (GROPP et al. 1976) wurden Rationen mit höherem Federmehlgehalt (Tabelle 11) gefüttert. Federmehl, damals wesentlich billiger als aufgeschlossene Stärke, wurde im Austausch mit Weizenstärke in die Futtermischung eingebracht. Es wurde kein Hinweis für einen Unterschied zwischen der Kontrollration und der Futtermischung gefunden, die im wesentlichen nur aus Geflügel- und Federmehl bestand.

Tab. 11: ERSATZ VON FISCHMEHL UND KOHLENHYDRATEN DURCH
GEFLÜGELABFALL- UND FEDERMEHL

Zuwachs und Futtermittelverwertung

(64 Versuchstage, 52 Fütterungstage bei 18.8°C Wassertemperatur)

% des Fischmehlproteins ersetzt		50	75	75	100
% der Kohlenhydrate ersetzt		0	0	100	100
Weizenquellmehl	%	22.1	22.1	---	---
Fischmehl	%	35.0	17.5	17.5	---
Geflügelschlachtabfälle	%	20.0	30.0	30.0	40.0
Federmehl, hydrolysiert	%	15.0	22.5	44.6	50.87
Aminosäuren ¹⁾	%	---	---	---	1.23
Rohprotein		51.5	52.7	65.6	67.8
Zuwachs in g		145	149	147	144
(Relativwert)		(100)	(103)	(101)	(99)
g Futter/g Zuwachs		1.37	1.38	1.40	1.41
(Relativwert)		(100)	(101)	(102)	(103)

1) 1.06 % L-Lysin HCl, 0.17 % DL-Methionin

Als gut brauchbare Eiweißquelle ist die Kombination von Single Cell Protein (Einzellerbiomasse) aus Hefen oder Bakterien mit Geflügelschlachtabfällen anzusehen, weil das Arginin-Defizit von Single Cell Protein durch Geflügelmehl ausgeglichen wird.

2.3.4.2 Blutmehl

Blutmehl ist ein hochprozentiger Eiweißträger. Walzengetrocknetes Blutmehl enthält 94.7 % Rohprotein, 0.1 % Rohfett, 0.5 % Rohfaser, 1.8 % Rohasche und 2.9 % NFE in der T (SCHULZ et al. 1982 a).

Über einen Versuchszeitraum von 10 Wochen (SCHULZ et al. 1982 a) wurden Regenbogenforellen mit Futtermittelkombinationen gefüttert, in denen das Casein-Gelatine-Protein (75:25) einer Standarddiät stufenweise durch Blutmehl-Federmehl-Protein (50:50) ersetzt wurde (1/3, 2/3 und 3/3 Ersatz). Alle Forellengruppen konnten ihr Ausgangsgewicht von 23 g nahezu verdoppeln (Tabelle 12a) bis verdreifachen. Mit dem Standardfutter wurde eine Futterverwertung von durchschnittlich 0.86 (PER-Wert = 2.33) erreicht, die extreme Futtermischung mit 100 % Blutmehl- und Federmehl-Protein erbrachte eine mittlere Futterverwertung von 1.62 (PER-Wert = 1.24). Pathologisch-anatomische Veränderungen der inneren und äußeren Organe konnten nicht festgestellt werden. Die noch relativ guten Futterverwertungszahlen von 0.89 und 1.03 (PER-Werte von 2.25 und 1.94) bei Blut-Federmehlanteilen von 1/3 und 2/3 des Gesamtproteins lassen die Eignung dieser Nebenprodukte tierischer Herkunft als Bestandteile in Rationen für Regenbogenforellen hervortreten.

Die Autoren berichteten später über weitere Versuchsergebnisse (Tab. 12b) mit denselben Proteinquellen (SCHULZ et al. 1982 b).

Das Kombinationsprodukt aus Blut-, Feder- und Geflügelschlachtabfällen (33.3 : 33.3 : 33.3) konnte kein gleichwertiges Ergebnis (siehe Tabelle 12b) zum Standardprotein (Casein-Gelatine) erbringen.

Tab. 12a:

BLUTMEHL - FEDERMEHL

Gewichtsentwicklung, Futterverwertung und Protein efficiency ratio
(SCHULZ et al. 1982 A)

Code-Nr.:	Standarddiät mit Casein-Gelatin-Protein	Ersatz des Casein-Gelatine-Proteins durch Blut - Federmehl - Protein		
	(1)	1/3 (2)	2/3 (3)	3/3 (4)
Rohprotein	50.0	50.0	50.0	50.0
aus Casein-Gelatine-Protein	100	67	33	0
aus Blut-Federmehl-Protein	0	33	67	100
LM-Versuchsbeginn (g)	23.2	23.1	23.1	23.2
LM-Versuchsende (g)	63.3	61.3	55.0	40.5
g Futter/g LMZ	0.86	0.89	1.03	1.62
g LMZ/g Proteinaufnahme	2.33	2.25	1.94	1.24

Tab. 12b:

BLUTMEHL - FEDERMEHL - GEFLOGELABFÄLLE

Gewichtsentwicklung, Futterverwertung und Protein efficiency ratio
(nach SCHULZ et al. 1982 B)

Code-Nr.:	Standarddiät	Blut-Feder-u.Geflügelschlachtfälle		
	(1)	(2)	(3)	(4)
Rohprotein (%)	50.0	50.0	50.0	50.0
Casein-Gelatine-Protein (%)	100	---	---	---
Blutmehl (%)	---	33.3	28.3	---
Frischblut (%)	---	---	---	28.3
Federmehl (%)	---	33.3	28.3	28.3
Geflügelschlachtabfälle (%)	---	33.3	28.3	28.3
Gelatine (%)	---	---	15.0	15.0
LM-Versuchsbeginn (g)	5.2	5.2	5.2	5.2
LM-Versuchsende (g)	21.7	15.2	16.3	15.9
g Futter/g LMZ	0.77	1.02	0.98	0.98
g LMZ/g Proteinaufnahme	2.59	1.95	2.03	2.05

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

In der vorliegenden Arbeit sollte die Verwertung von Abfallprodukten tierischer Herkunft, welche als hochprozentige Proteinquellen gelten, in der Ernährung von Regenbogenforellen untersucht werden. Es handelte sich dabei um die Abfallprodukte Federmehl, Blutmehl und Proteinhydrolysat. Zusätzlich sollte auch Panseninhalt geprüft werden.

Hierzu wurden zwei vom Ansatz her verschiedene Methoden angewandt und zwar die Methode einer Zulage des Abfallprodukt-Proteins zu einer proteindefizitären Basisration (Zulageversuche) und jene eines Ersatzes von Protein einer Kontrollration durch das Abfallprodukt-Protein (Austauschversuch).

Zulageversuche

Es wurden zwei Versuche von jeweils 10 Wochen Dauer an wachsenden Forellen durchgeführt. Jeder Versuch erfolgte mit 2 Basalrationen (Proteinquellen: Casein bzw. Casein-Gelatine und Fischproteinkonzentrat (FPC)) als proteindefizitäre Mangelration von 25 oder 30 g RP/90 g Futter. Die verschiedenen Abfallprodukte wurden gestaffelt zugesetzt. Im ersten Versuch wurden zur jeweiligen Basalration (ca. 25 g RP aus Casein oder FPC/90 g Futter) 5 und 10 g Federmehl bzw. 5 und 10 g Blutmehl zugesetzt. In Versuch II wurden 5 und 10 g Proteinhydrolysat bzw. 10 und 20 g Panseninhalt 90 g einer FPC- und einer Casein-Gelatine-Basis, letztere mit AS-Ergänzung (ca. 30 g RP/90 g) zugemischt. Die Notwendigkeit, den Proteingehalt der Mangelration anzuheben, ergab sich auf Grund des Verlaufs und der Ergebnisse von Versuch I mit nur ca. 25 g Rohprotein/90 g Futter (s.dort).

Als Kontrollration diente die jeweilige Basisration.

Austauschversuch

In diesem Versuch wurde der Ersatz von 10 und 20 % Rationsrohprotein durch Federmehl, Blutmehl und Proteinhydrolysat sowie 6,7 % Rationsrohprotein durch Panseninhalt zu Lasten von FPC (als vollwertigen Proteinträger) oder Sojaprotein (Danpro, Methionin-ergänzt) als weniger vollwertigem Proteinträger mitgeprüft. Die zu prüfenden Futtermittel wurden RP-äquivalent ausgetauscht. Die RP-Konzentration betrug in allen Rationen 40 %.

Verdauungsversuch

Im Rahmen des Austauschversuchs wurde in den Gruppen mit 20 % RP-Ersatz aus Federmehl, Blutmehl und Proteinhydrolysat sowie 6,7 % RP-Ersatz aus Panseninhalt die Verdaulichkeit des Proteins und der Futterenergie bestimmt.

Versuchskriterien

Die Hauptkriterien beider Versuchstypen waren Wachstum, Futterverzehr und Futterverwertung. Zusätzlich wurden aus Ganzkörperanalysen der N- und Energieansatz bestimmt.

Werte über die Verdaulichkeit wurden mit Hilfe der Chromoxid-Indikatormethode während der Zulageversuche und parallel zum Austauschversuch ermittelt.

3.1

Charakterisierung der verwendeten Abfallprodukte

Im folgenden werden die chemischen und teilweise auch biologischen Eigenschaften der verwendeten Abfallprodukte gemäß den Herstellerangaben näher beschrieben.

3.1.1

Federmehl

Das Federmehl lag in hydrolysierter Form vor. Es wurde von der Firma Südoldenburger Tierfrischmehl Anlagengesellschaft in Moore-Diepholz geliefert. Angaben über die Gehalte der Rohnährstoffe, einiger Mineralien und das Aminosäurenmuster finden sich in Tabelle 13. Die Verdaulichkeit wird vom Hersteller mit etwa 60 - 65 % angegeben.

Tabelle 13: **PRODUKTSPEZIFIKATION: FEDERMEHL**
(HERSTELLERANGABEN)

Rohnährstoffe und Mineralien (%)					
Wasser	8,1	Fett*	6,0	Protein	84,4
Rohfaser	2,3	Asche	1,5	Calcium	0,25
Phosphor	0,26	Natrium	0,16		
				* FFA	11,7

Aminosäuren (g AS/100 g Federmehl)			
Asparaginsäure	6,01	Methionin	0,59
Threonin	4,14	Isoleucin	4,09
Serin	9,32	Leucin	7,26
Glutaminsäure	9,37	Tyrosin	2,58
Prolin	8,80	Phenylalanin	3,91
Glycin	6,49	Lysin	1,65
Alanin	4,10	Histidin	0,61
Valin	6,26	Arginin	5,88
Cystin	3,75		

3.1.2

Blutmehl

Verwendet wurde Blutmehl der Vereinigten Tiermehlfabriken GmbH & Co. In Tab. 14 finden sich Angaben über Rohnährstoffe und den Gehalt an einigen Aminosäuren. Die Verdaulichkeit (Basis: Pepsin Salzsäurelöslichkeit) des Rohproteins soll ca. 85 - 88 %, die umsetzbare Energie (n. Carpenter und Clegg) $3,645 \times 4,18 = 15,2$ MJ betragen.

Tabelle 14: **PRODUKTSPEZIFIKATION: BLUTMEHL**

Rohnährstoffe und Mineralien (%):		
	1)	2)
Wasser	8	4,7
Rohasche		3,5
Roheiweiß ³⁾	85	91,1
Gesamt fett		2,1
Calcium		0,50
Phosphor		0,35
Natrium	2	0,3

- 1) Herstellerangaben
- 2) Nach Angaben der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt Kiel (LUFA)
- 3) Nach Bestimmung im hiesigen Institut: 84,8 %

Aminosäuren (g AS/100 g Produkt + 10 %)	
L-Lysin	8,22
L-Methionin	1,36
L-Cystin	13,2

3.1.3

Proteinhydrolysat

Proteinhydrolysat wird hergestellt durch Totalhydrolyse von gereinigtem tierischen Eiweiß. Es gibt flüssiges Proteinhydrolysat mit einem Trockensubstanzgehalt von mindestens 50 % und Pulverproteinhydrolysat (ca. 95 % T), welches in dieser Arbeit verwendet wurde.

Es wurde bezogen von der Firma Agro Service und Chemie Produkte GmbH, Gaienhofen. Einige Analysenwerte sowie das Aminosäuremuster sind Tabelle 15 zu entnehmen.

Tabelle 15: **PRODUKTSPEZIFIKATION: PROTEINHYDROLYSAT**
"PROTEINPULVER-HYDROLYSAT"
 (Herstellerangaben)

Rohnährstoffe (%)			
Feuchtigkeit		max.	5
Protein (% der T)			98
Asche (550°C)			8
pH			7
Aminosäuren (g AS/100 g Produkt)			
Tryptophan	0,6	Lysin	5,1
Histidin	0,8	Arginin	5,6
Asparaginsäure	4,5	Threonin	0,6
Serin	0,6	Glutaminsäure	9,2
Prolin	16,0	Glycin	25,0
Alanin	8,6	Cystin	0,4
Valin	2,4	Methionin	0,8
Isoleucin	1,5	Leucin	3,1
Tyrosin	0,8	Phenylalanin	2,2
Hydroxyprolin	12,0		

3.1.4 Panseninhalt

Das Panseninhalt-Trockenprodukt wurde selbst hergestellt. Der frische Panseninhalt zweier Rinder wurde direkt nach der Schlachtung im Münchner Schlachthof gesammelt und zunächst im Trockenschrank bei 100°C getrocknet. Anschließend erfolgte die Vermahlung mit einer RETSCH-Ultrazentrifugalmühle (Typ ZM 1, Hersteller: Firma Retsch KG, Haan b. Düsseldorf) auf eine Partikelgröße von max. 1000 µ. Über die Analyse der Rohnährstoffe des Panseninhaltes, die von der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt Kiel (LUFA) durchgeführt wurde, informiert Tabelle 16.

Tabelle 16: **PANSENINHALT (%)**
(LUFA-ANALYSE)

Rohnährstoffe (%)	
Wasser	2,8
Rohasche (Mineralstoffe)	11,7
Roheiweiß (N x 6,25)	12,9
Rohfett (Ätherextrakt)	3,9
Rohfaser	35,3
Stickstofffreie Extraktstoffe	33,4

3.2 Methodik

3.2.1 Versuchsparameter

Im folgenden werden Begriffe beschrieben, die als Versuchskriterien herangezogen wurden. Nach Möglichkeit beziehen sich die Definitionen dabei auf Fachausdrücke, die von einer internationalen Arbeitsgruppe (CASTELL und TIEWS, 1980) erarbeitet und als

Empfehlung publiziert wurden. Die Gewichtsdaten für die Versuchsparameter Futterverzehr und -verwertung basieren jeweils auf den Wägungswerten eines gesamten Beckenbesatzes. Die Ablesegenauigkeit der Waage betrug 0,1 g. Jede Gruppenwiegung wies bei 20 Fischen à ca. 25 g Lebendmasse (LM) eine Standardabweichung von $\pm 1,4$ g bzw. $\pm 0,3$ % und bei 10 Fischen à ca. 45 g LM eine Standardabweichung von $\pm 0,8$ g bzw. $\pm 0,2$ % (jeweils $n = 7$) auf (STERNIK, 1985). Damit ist der methodische Fehler beschrieben, der beispielsweise durch unterschiedlichen Wasserverlust der Fische bei der Wiege Vorbereitung entsteht.

3.2.1.1 Wachstumsparameter

Lebendmassezunahme (LMZ)

Die Lebendmassezunahme entspricht der absoluten Zunahme eines Fisches vom mittleren Stückgewicht (Gesamtgewicht/Stückzahl) und wird in g/Fisch und Versuchszeitraum angegeben.

Spezifische Wachstumsrate (α)

Um bei verschiedener Lebendmasse der Fische in den einzelnen Versuchen die jeweiligen Versuchsergebnisse besser vergleichen zu können, kann die Wachstumsrate auch in relativen Ausdrücken (Zunahme in % der Lebendmasse bei Versuchsbeginn oder spezifische Wachstumsrate) angegeben werden. Die hier bevorzugte spezifische Wachstumsrate gibt den prozentualen Zuwachs pro Tag an und läßt sich von folgender Formel ableiten:

$$LM_{ti} = LM_{to} \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right)^t$$

$LM_{to,ti}$ = Lebendmasse in g zum Zeitpunkt Null bzw. i

t = Zeit in Tagen vom Zeitpunkt Null bis i

α = spezifische Wachstumsrate

Nach Umformung dieser Formel ergibt sich die Beziehungsformel für die spezifische Wachstumsrate α mit

$$\alpha = \left(\sqrt[t]{\frac{LM_{ti}}{LM_{to}}} - 1 \right) \times 100$$

3.2.1.2 Futterverzehr (FVZ)

Der Futterverzehr wird angegeben in g Aufnahme luftgetrockneten Futters pro Fisch über einen definierten Zeitraum.

3.2.1.3 Verwertung des Futters

Futterverwertung (FVW)

Die Futterverwertung bezeichnet die Körpergewichtszunahme in g pro kg verzehrten (luftgetrockneten) Futters.

Produktiver Proteinwert (PPW)

Der produktive Proteinwert gibt den prozentualen Anteil des aufgenommenen Proteins an, der im Tierkörper angesetzt wird, und errechnet sich nach folgender Formel:

$$PPW = \frac{N\text{-Ansatz (g)}}{N\text{-Aufnahme (g)}} \times 100$$

Zur Berechnung des produktiven Proteinwertes, bezogen auf verdauliches Protein, wäre analog zu verfahren.

$$PPW_{\text{verd.}} = \frac{RP\text{-Ansatz}}{RP_{\text{verd.}} - \text{Aufn.}} \times 100$$

Da aber $RP_{\text{verd.}} = RP \times V \text{ (in \%)} \times 100,$

wobei der Verdaulichkeits-Quotient = $V \text{ (in \%)} / 100$ ist, ergibt sich die Gleichung

$$PPW_{\text{verd.}} = \frac{RP\text{-Ansatz} \times 100}{RP\text{-Aufn.} \times V \text{ (in \%)}} \times 100$$

worin der PPW enthalten ist, so daß sich bei bekanntem PPW der $PPW_{\text{verd.}}$ nach folgender Gleichung berechnen läßt:

$$PPW_{\text{verd.}} = \frac{PPW}{V \text{ (in \%)}} \times 100$$

Gesamtwirkungsgrad der Bruttoenergie (K_{tot})

Der Gesamtwirkungsgrad der Bruttoenergie drückt aus, wieviel % von der mit der Nahrung aufgenommenen Energie für den Ansatz verwendet werden und berechnet sich wie folgt aus dem Energieansatz und der aufgenommenen Energiemenge:

$$K_{\text{tot}} = \frac{\text{Energieansatz (KJ)}}{\text{Energieaufnahme (KJ)}} \times 100$$

3.2.1.4

Verdaubarkeit

Die Verdaubarkeit (VK) der Rohnährstoffe und der Energie wurde mit dem Indikatorverfahren bestimmt. Das Prinzip der Indikatormethode besteht darin, dem Futter eine chemisch inerte, unverdauliche Substanz (Indikator) beizumischen, die sich im Laufe

der Verdauung konzentriert. Die Konzentrationsänderung von Futter zu Kot liefert somit ein Maß für die Verdaubarkeit und ermöglicht eine quantitative Erfassung von Futter und Kot. Bei konstanter bekannter Indikatorkonzentration im Futter muß dann nur noch der Anteil des Indikators in einer repräsentativen Kotprobe bestimmt werden. Aus dem Verhältnis von Indikator und Nährstoff im Futter und Kot läßt sich die scheinbare Verdaubarkeit (VK) folgendermaßen errechnen:

$$VK(\%) = 100 - \frac{\text{Indikator i.Futter}(\%) \times \text{Nährstoff i.Kot}(\%)}{\text{Indikator i.Kot}(\%) \times \text{Nährstoff i.Futter}(\%)} \times 100$$

3.2.1.5 Protein- und Energieansatz

Die zu Versuchsbeginn und -ende in den Versuchsfischen vorhandene Menge an Nährstoffen und Energie wurde mit Hilfe der an Probenfischen bestimmten Nährstoff- und Energiegehalte berechnet. Der Protein- und Energieansatz ergibt sich aus der Differenz der jeweiligen Nährstoff- und Energiemenge zu Versuchsbeginn und -ende, wobei der Proteinansatz in g Protein/Fisch (T) und der Energieansatz in KJ/g Fisch (T) angegeben wird.

3.2.2 Analytische Methoden

3.2.2.1 Probenaufbereitung

Die zur Ganzkörperanalyse entnommenen und anschließend bei -18°C eingefrorenen Fische wurden teilaufgetaut, in noch gefrorenem Zustand in einem Fleischwolf (4,5 mm Scheibe) zerkleinert. Diese Proben sowie jene für die Kot- und Futteranalyse wurden dann im Trockenschrank bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und nach Abkühlen in einer Kaffeemühle homogenisiert. Diese Homogenisate dienten als Ausgangsmaterial für die Rohnährstoffanalysen und die Energiebestimmungen.

3.2.2.2 **Bestimmung des Rohnährstoffgehalts**

Trockensubstanz (T) und Asche

Die Bestimmung der Trockensubstanz und der Asche wurde gemäß der Weender-Analysenvorschrift durchgeführt.

Rohprotein

Die Bestimmung des Rohproteingehalts erfolgte als N-Analyse mit Hilfe einer Technicon-Analysenanlage. Die Anlage bestand aus einem Thermoblock für den Aufschluß der Proben und einem Auto-analyzer mit angeschlossenem Schreiber für die Aufzeichnung der Stickstoffkonzentrationen in den Probegefäßen. Die Rohproteinwerte ergaben sich aus $N \times 6.25$.

Der Aufschluß der Proben erfolgt analog zum Kjeldahl-Verfahren mit einem Gemisch (10 ml) von konz. Schwefel- und konz. Phosphorsäure (Mischungsverhältnis: 20:1). Die Ammonium-Bestimmung basiert auf einer colorimetrischen Methode. Durch die Reaktion des Ammonium-Ions mit Salizylat und Natriumhypochlorid (als Chlordonator) bildet sich in einem gepufferten alkalischen Medium (pH: 12,8-13,0) ein smaragdgrüner Komplex. Der gebildete Ammonium-Salizylat-Komplex wird bei 660 nm photometrisch gemessen.

3.2.2.3 **Bombenkalorimetrische Bestimmung des Brennerts**

Die Bruttoenergie des Futters, des Kots und des Gesamtkörperphomogenisats der Probenfische wurde in einem adiabatischen Bombenkalorimeter (IKA, Typ C 400, Hersteller: Janke & Kunkel KG, Staufen i.Br.) gemessen.

3.2.2.4 Chromoxidbestimmung

Als Indikatorsubstanz wurde bei der Bestimmung der Verdaubarkeit nach dem Indikatorverfahren das verdauungsinerte Chrom(III)oxid gewählt und dem Versuchsfutter beigemischt. Die Bestimmung des Chromoxidgehaltes in den Kot- und Futterproben erfolgte nach der von PETRY und RAPP (1971) beschriebenen Methode.

3.2.2.5 Siebanalyse der Futterbestandteile

Die Durchführung der Siebanalysen der einzelnen Mischfuttermittel erfolgte mit einer Labor-Sieb- und -Schüttelmaschine der Firma Retsch, Typ "Plan", die für alle Futtermittel geeignet ist. Zum Einsatz kam ein Siebsatz mit 8 Prüfsieben folgender Maschenweiten: 0.045, 0.090, 0.125, 0.180, 0.250, 0.355, 0.500 und 1.000 mm.

Als Siebhilfen dienten für die Prüfsiebe mit den Maschenweiten 0.045, 0.090 und 0.125 mm eine Bürste aus Nylon und für die Prüfsiebe mit den Maschenweiten 0.180, 0.250, 0.355, 0.500 und 1.000 mm 10 Achatkugeln von 10 mm Durchmesser.

Zur Siebanalyse wurden 100 g Siebgutmenge eingewogen. Die Prüfsiebung bei der Schwingungsintensität 100 (entsprechend 300 Schwingungen/min) wurde über eine Siebdauer von 60 Minuten durchgeführt. Es erfolgten jeweils 2 Untersuchungen pro Siebgut. Die Durchschnittsergebnisse der in diesen Siebanalysen verwendeten Mischfuttermittel sind im Anhang, (Tabelle A1) zusammengestellt.

3.2.3 Futterherstellung

In der institutseigenen Anlage wurden die in den Versuchen verwendeten Diäten selbst hergestellt. Die trockenen Futterkomponenten wurden auf einer METTLER-FEINWAAGE (Wägegenauigkeit 0.1 g) abgewogen, in einen 8 kg-Pflugscharmischer (Hersteller: Fa.

LÜDIGE, Paderborn) überführt und 10 Minuten gemischt. Nach Zugabe des Fischöls erfolgte für weitere 10 Minuten das Untermischen des Öls. Anschliessend wurde das Futter in einer Labor-Pelletpresse (Typ "Monoroll Labor", Hersteller: Fa. SIMON-HEESEN B.V., Boxtel, Niederlande) pelletiert. Für die verwendeten Versuchsdiäten wurde entsprechend der Fischgröße der Pelletdurchmesser 1.5 mm gewählt.

3.3 Zulageversuche

3.3.1 Versuchsplan

Die Zulageversuche waren dahingehend angelegt, einerseits die Auswirkungen gestaffelter Zulagen der Abfallprodukte an sich und andererseits diese auch in Hinsicht auf die Hauptproteinträger FPC und Casein zu untersuchen.

In Versuch I erfolgte zur Mangelration mit ca. 25 g RP/90 g Futter aus Casein bzw. FPC als Proteinquelle eine gestaffelte Zulage von 5 bzw. 10 g der Abfallprodukte Federmehl (Rationen (2), (3) bzw. (7), (8)) und Blutmehl (Rationen (4), (5) und (9), (10)).

Auf Grund der hohen Mortalität im Verlauf von Versuch I und früherer Publikationen anderer Autoren, wonach Casein als einzige Proteinquelle als problematisch gilt, wurde in Versuch II eine Casein-Gelatine-Mischung eingesetzt. Der Proteingehalt wurde um 5 g/90 g erhöht. Durch diese Veränderung sollte eine Verbesserung der allgemeinen Versuchsbedingungen herbeigeführt werden.

Die Versuchsanlage beider Versuche findet sich in den Tabellen 16 und 17.

Tabelle 16: VERSUCHSANLAGE - VERSUCH I
Versuchsdauer: 10 Wochen; Vorperiode: 2 Wochen; Hauptperiode: 8 Wochen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
g pro	90g	95g	100g	95g	100g	90g	95g	100g	95g	100g
Casein	28.79	28.79	28.79	28.79	28.79	---	---	---	---	---
FPC	---	---	---	---	---	31.37	31.37	31.37	31.37	31.37
Federmehl	---	5.00	10.00	---	---	---	5.00	10.00	---	---
Blutmehl	---	---	---	5.00	10.00	---	---	---	5.00	10.00
RP aus Casein	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Federmehl	---	4.22	8.44	---	---	---	4.22	8.44	---	---
Blutmehl	---	---	---	4.24	8.48	---	---	---	4.24	8.48
RP gesamt	25.00	29.22	33.44	29.24	33.48	25.00	29.22	33.44	29.24	33.48
Wiederholungen	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Fische/Becken	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Futtermenge % ¹⁾	1.80	1.90	2.00	1.90	2.00	1.80	1.90	2.00	1.90	2.00

¹⁾ Futtermenge in % der LM/Tag, bezogen auf lufttrockene Futtersubstanz

Tabelle 17: VERSUCHSANLAGE - VERSUCH II
Versuchsdauer: 10 Wochen; Vorperiode: 2 Wochen; Hauptperiode: 8 Wochen

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
g pro	90g	100g	110g	98g	100g	90g	100g	110g	95g	100g
Labcasein	25.64	25.64	25.64	25.65	25.64	---	---	---	---	---
Gelatine	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63	---	---	---	---	---
Methionin	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	---	---	---	---	---
FPC	---	---	---	---	---	37.64	37.64	37.64	37.64	37.64
Panseninhalt	---	10.00	20.00	---	---	---	10.00	20.00	---	---
Protein- hydrolysate	---	---	---	5.00	10.00	---	---	---	5.00	10.00
RP (gesamt)	30.00	31.29	32.59	34.60	39.20	30.00	31.29	32.59	34.60	39.20
Wiederholungen	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Fische/Becken	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Futtermenge % ¹⁾	1.80	2.00	2.20	1.90	2.00	1.80	2.00	2.20	1.90	2.00

¹⁾ Futtermenge in % der LM/Tag, bezogen auf lufttrockene Futtersubstanz

Die gestaffelten Zulagen erfolgten jeweils mit 10 und 20 g Panseinhalt sowie mit 5 und 10 g Proteinhydrolysat zu 90 g Basalration (Tabelle 17).

Für beide Versuche war ein Beckenbesatz von 20 Forellensetzlingen à ca. 5 g vorgesehen, welches jedoch nur für den ersten Versuch eingehalten werden konnte (s. auch 3.3.5 Versuchsdurchführung und 3.3.6 Versuchsverlauf).

Zur Besetzung der Becken im Versuch II konnten daher nur jeweils 5 Fische à ca. 75 g pro Becken in die Planung einbezogen werden.

Die Versuchsdauer betrug jeweils insgesamt 10 Wochen, wobei 2 Wochen als Vorperiode und 8 Wochen als Hauptperiode galten.

Während die Fische in der Vorperiode das caseinhaltige Kontrollfutter (R (1)) erhalten sollten, und dieses auch im Versuch I verabreicht wurde, war für den Versuch II beabsichtigt, zur besseren Gewöhnung an Umgebung in der ersten Vorperiodenwoche noch das kommerzielle Forellenfutter "Forelli 42" (42 % RP) der Pelletgröße 2 mm (Fa. Plange, Wangen/Allg.) zu verfüttern und erst in der 2. Woche die jeweiligen Kontrollrationen (R (1)) zuzuteilen.

Die Hauptperiode wurde in 4 Abschnitte unterteilt, wobei zu Versuchsbeginn und anschließend in einem 2-wöchentlichen Rhythmus Wiegungen der Fische erfolgten.

Zur qualitativen Beurteilung des Zuwachses war geplant, am Anfang und am Ende des Versuches pro Ration repräsentative Probefische zu entnehmen, zu schlachten und einzufrieren, um diese später in Ganzkörperanalysen auf ihren Gehalt an Rohnährstoffen und Energie zu untersuchen.

3.3.2 Versuchstiere

Die für die Versuche zu verwendenden ca. 1700 Regenbogenforellen-Setzlinge (*Salmo gairdneri* Richardson) stammten aus der Teichwirtschaft Hartl aus Weidenbach bei Weilheim und wogen im Durchschnitt 4,2 g.

Von diesen Setzlingen wurden für den Versuch I 800 Tiere benötigt. Außerdem wurden 20 Fische bei Versuchsbeginn zur Ganzkörperanalyse entnommen.

Die Fütterung bis zum Versuchsanfang, d.h. bis zum Beginn der Vorperiode, erfolgte 2 mal täglich mit dem Forellenbrutfutter "Forelli 42" (2 mm), wobei als Fütterungsniveau 2 % der Lebendmasse gewählt wurde.

Für Versuch II wurden insgesamt 220 Forellen benötigt. Zur Verwendung kamen die nicht in Versuch I einbezogenen und parallel gehälterten sowie die übriggebliebenen Fische aus Versuch I. Die Bedingung, für alle Zulageversuche Fische gleicher Herkunft zu verwenden, war somit erfüllt. Die Zeit zwischen dem Ende des Versuchs I und dem Beginn der Vorperiode von Versuch II betrug 24 Wochen. In dieser Zeit wurden die Fische wieder mit dem Forellenfutter "Forelli 42" (2 mm) gefüttert. Bis zum neuen Versuchsbeginn waren die Fische durchschnittlich auf 74 g abgewachsen.

3.3.3 Tierhaltung

3.3.3.1 Versuchsanlage

Für die Fischhaltung und für die Durchführung der Versuche stand im Institut eine offene Kreislaufanlage, deren Aufbau sich in einen Produktionsteil und einen funktionellen Anteil gliederte, zur Verfügung.

Der Produktionsteil der Anlage besteht aus 60 PVC-Aquarien (Länge 44 cm, Breite 34 cm, Höhe 42 cm) mit einem maximalen Volumen von jeweils 63 l, wobei sich durch Verstellen des Abflußrohres der Inhalt stufenlos bis zu 20 l einregulieren läßt. Die Becken stehen in 6 Gestellen in 2 Etagen übereinander.

Der Funktionsteil gliedert sich in ein Wasserverteiler- und ein Wassersammelsystem sowie ein unterteiltes Becken zur mechanischen Reinigung des Wassers mit der Möglichkeit einer mengenmäßig regulierbaren Frischwasserzufuhr (nähere Angaben über die Kreislaufanlage s. STRAUSS, 1982). Über einige analytische Werte des Frischwassers, d.h. Münchener Leitungswasser, informiert Tabelle 18 mit Angaben des Wasserwerks München.

Tabelle 18: DURCHSCHNITTliche ANALYSENDATEN
DES MÜNCHENER LEITUNGSWASSERS
(ANGABEN WASSERWERKE MÜNCHEN)

	$\bar{x}$	$x_{\min}$	$x_{\max}$
pH	7.44	7.25	7.60
Ca (mg/l)	79.4		
Mg (mg/l)	22.2		
Gesamthärte	16.2 °d		20.0 °d
Karbonathärte	15.0 °d	14.1 °d	15.8 °d

1° d = 10 mg CaO/l

3.3.3.2 Fischhaltung, Versuch I

Für den Versuch I wurden 40 Becken benutzt, deren Volumen auf ca. 22 l eingestellt wurde. Der Besatz erfolgte mit 20 Fischen/Aquarium. Bei einem durchschnittlichen Fischgewicht von 5 g ergab dies eine Belegung von 4,55 g LM/l Wasser bzw. 100 g LM/Aquarium.

Die durchschnittliche Wassertemperatur während des Versuchs betrug ca. 12°C. Eine Messung des Sauerstoffgehaltes (nach WINKLER, mod. nach OHLE, 1953) ergab für den Zulauf einen Wert von ca. 10 mg O₂/l und am Ablauf einen von ca. 8.5 mg O₂/l. Der pH-Wert betrug 7.6. Der Wasserdurchfluß wurde so einreguliert, daß den Fischen immer ausreichend Sauerstoff zur Verfügung stand und belief sich auf 15 - 25 l/h.

3.3.3.3 Fischhaltung, Versuch II

Zur Durchführung des Versuchs II wurden 40 Aquarien mit je 5 Forellen eines mittleren Stückgewichts von ca. 74 g besetzt, was bei einem Aquariumvolumen von ca. 40 l einem Fischbesatz von 9.25 g LM/l entsprach.

Die durchschnittliche Wassertemperatur lag bei ca. 10.1°C. Die Bestimmung des pH-Wertes ergab einen Wert von 7.5. Der Wasserdurchfluß war auf ca. 33 l/Stunde eingestellt.

Auf Sauerstoffmessungen konnte verzichtet werden, da die Becken der Kreislaufanlage an eine inzwischen installierte Belüftungsanlage angeschlossen waren und mit genügend Sauerstoff versorgt wurden (siehe unter Versuchsverlauf 3.3.6.2).

3.3.4 Versuchsfutter und Fütterung

3.3.4.1 Fütterungsregime

Vor dem Einwiegen des Futters wurde der Abrieb von den Pellets abgesiebt, um eine quantitative Aufnahme des verabreichten Futters zu gewährleisten und die Verschmutzung des Wassers mit organischer Futtersubstanz möglichst gering zu halten.

Nach der Gruppeneinteilung der Fische wurde dem Versuch eine zweiwöchige Vorperiode zur Eingewöhnung der Tiere vorgeschaltet, während die Fische im Versuch I das Casein-Basisfutter R (1) und im Versuch II das "Forelli 42" bzw. die Kontrollration R (1) erhielten.

In der Vorperiode wurde entsprechend der Fischgröße ein tägliches Fütterungsniveau von 1.8 %, bezogen auf die Lebendmasse, festgelegt, wobei die Fische an 13 Tagen gefüttert wurden und am 14. Tag, dem Wiegetag, keine Fütterung erfolgte.

Während der Hauptperiode wurde zur Bemessung der Futtermenge das Fischgewicht des jeweilig vorherigen Wiegetages zugrunde gelegt und täglich entsprechend dem Gewicht der verendeten Fische korrigiert. Nicht verzehrtes Futter wurde täglich zurückgewogen.

Die Zuteilung des Futters erfolgte 2 mal täglich von Hand, morgens gegen 9.00 Uhr und nachmittags um 16.00 Uhr. An den Wiegetagen selbst fand keine Fütterung statt.

Im Hauptversuch I lag das tägliche Fütterungsniveau zunächst bis zur 4. Woche nach Versuchsbeginn bei 1.8 % (R 1, 6), 1.9 % (R 2, 4, 7, 9) und 2 % (R 3, 5, 8, 10).

Obwohl die in den 4 ersten Wochen dieses Hauptversuches verendeten Tiere ohne spezifische Krankheitsanzeichen starben, wurde die Futtermenge vorsichtshalber anschließend auf 0,9 % (R 1, 6), 0,95 % (R 2, 4, 7, 9) und 1 % (R 3, 5, 8, 10) gesenkt, was bis Versuchsende beibehalten wurde.

Die Futtermenge im Hauptversuch II betrug dagegen täglich 1,8 % für die Gruppen 1 und 6, 1,9 % für die Gruppen 4 und 9, 2 % für die Gruppen 2, 5, 7 und 10 sowie 2,2 % für die Gruppen 3 und 8 des Gesamtkörpergewichtes eines Beckens.

3.3.4.2 Futterzusammensetzung

Da die Rationen der beiden Versuche sowohl in der Basale, zudem mit unterschiedlichem Rohproteingehalt, als auch durch die Mineralienzumischung verschieden zusammengesetzt waren, sollen hier vorweg die gemeinsamen Komponenten genannt werden. Allen Rationen gemeinsam war demnach der Gehalt von 8 % Fischöl als Futterzusatz sowie die Konzentrationen der Vitamin- und Spurenelementvormischung. Zur späteren Bestimmung der Verdaulichkeit wurden 0,5 % der Indikatorsubstanz Chrom (III) oxid (Cr_2O_3), und, um einem Schimmelpilzbefall vorzubeugen, 0,5 % Ca-propionat ("Luprosil der BASF, Ludwigshafen) dem Futter zugemischt.

Zum Herstellungsverfahren ist anzumerken, daß die jeweilige Basisration zuerst und in größerer Menge gemischt wurde. Diesen Basisrationen wurden die jeweiligen Mengen der Abfallprodukte gemäß der Versuchsplanung in einem zweiten Mischgang zugegeben. Diese Art der Rationsgestaltung, verbunden mit dem geschilderten Fütterungsniveau, bewirkte, daß in allen Gruppen dieselbe Menge der jeweiligen Basalration verabreicht wurde. Der Mehrverzehr der anderen Gruppen beruhte ausschließlich auf der Zulage der jeweils zu prüfenden Futtermittel. Im folgenden werden die Zusammensetzungen der Rationen in ihrer Verschiedenheit beschrieben:

Versuch I:

In Versuch I dienten Ration (1) mit 28,79 g Labcasein und Ration (6) mit 31,37 g FPC (jeweils 25 g RP) / 90 g als Vergleichsfutter für die Zulagerationen (2) bis (5) bzw. (7) bis (10) mit Federmehl bzw. Blutmehl als Zulagekomponente (Tab. 19). In allen Rationen wurden die Anteile an Stärke, Öl, Mineralstoffen, Spurenelementen und Vitaminen gleich gehalten.

Versuch II

In Versuch II lag den Rationen (1) bis (5) eine basale Futtermischung zugrunde, die ca. 30 g Rohprotein (in 90 g Futter) aus der Casein-Gelatine-Mischung (75:25) mit Methionin-Zusatz enthielt. Diese Basisration mit 25.64 g Labcasein, 8.63 g Gelatine und 0.225 g Methionin diente als Vergleichsration für die Rationen (2) und (3) mit einem Zusatz von 10 bzw. 20 g Panseninhalt und die Rationen (4) und (5) mit einem Zusatz von 5 bzw. 10 g Proteinhydrolysat (Tabelle 20). Im FPC-Teil des Versuchs II wurde die Ration (6) mit 37.64 g FPC im Futter (ca. 30 g RP/90 g) als Kontrollgruppe zu den Rationen (7) und (8) mit einem Zusatz von 10 bzw. 20 g Panseninhalt sowie zu den Rationen (9) und (10) mit einer Zugabe von 5 bzw. 10 g Proteinhydrolysat verwendet.

Desgleichen unterschieden sich die Rationsgruppen (1) - (5) und (6) - (10) entsprechend dem verschiedenen Gehalt von Casein-Gelatine und FPC in der prozentualen Zumischung der Maisqueilstärke (Flocculante) mit 40.96 bzw. 38.46 g (pro 90, 95, 100 und 110 g).

Tab. 19a: RATIONSZUSAMMENSETZUNG (g)
VERSUCH I

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Labcasein	28.79	28.79	28.79	28.79	28.79
Federmehl	---	5.0	10.0	---	---
Blutmehl	---	---	---	5.0	10.0
Fischöl	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Ca-Propionat	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Ca HPO ₄ x 2H ₂ O	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Ca CO ₃	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
NaCl	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Vitamin-Vormischg.	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Spurenelement-Vormischg.	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cr ₂ O ₃	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Flöcclante	49.31	49.31	49.31	49.31	49.31
Gesamt	90	95	100	95	100

Tab. 19b: RATIONSZUSAMMENSETZUNG (g)
VERSUCH I

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FCP	31.37	31.37	31.37	31.37	31.37
Federmehl	---	5.0	10.0	---	---
Blutmehl	---	---	---	5.0	10.0
Fischöl	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Ca-Propionat	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Ca HPO ₄ x 2H ₂ O	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Na Cl	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Vitamin-Vormischg.	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Spurenelement-Vormischg.	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cr ₂ O ₃	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Flöcclante	47.73	47.73	47.73	47.73	47.73
Gesamt	90	95	100	95	100

Zusammensetzung der der Vormischungen: siehe Anhang, Tab A2

Tab. 20a:

RATIONSZUSAMMENSETZUNG (g)

VERSUCH II

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Labcasein	25.64	25.64	25.64	25.64	25.64
Gelatine	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63
Metionin	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225
Panseninhalt	---	10.0	20.0	---	---
Proteinhydrolysat	---	---	---	5.0	10.0
Fischöl	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Ca-Propionat	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
KCl	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Ca HPO ₄ x 2H ₂ O	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
Na ₂ HPO ₄	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
K H ₂ PO ₄	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Ca CO ₃	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
MgO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Vitamin-Vormischg.	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Spurenelement-Vormischg.	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cr ₂ O ₃	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Flöculante	40.955	40.955	40.955	40.955	40.955
Gesamt	90	100	110	95	100

Tab. 20b:

RATIONSZUSAMMENSETZUNG (g)

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC	37.64	37.64	37.64	37.64	37.64
Panseninhalt	---	10.0	20.0	---	---
Proteinhydrolysat	---	---	---	5.0	10.0
Fischöl	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Ca-Propionat	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
KCl	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Ca HPO ₄ x 2H ₂ O	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
Na ₂ HPO ₄	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
K H ₂ PO ₄	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
MgO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Vitamin-Vormischg.	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Spurenelement-Vormischg.	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cr ₂ O ₃	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Flöculante	38.46	38.46	38.46	38.46	38.46
Gesamt (g)	90	100	110	95	100

Zusammensetzung der Vormischungen: siehe Anhang. Tab A2

3.3.4.3 Rohnährstoffe der Rationen

Neben den Angaben über die Proteinquellen der einzelnen Rationen finden sich in den Tabellen 21 und 22 die Analysenwerte des Rohwassers, des Rohproteins, der Bruttoenergie, des Cr_2O_3 und der Rohasche.

Tab. 21a: ROHNÄHRSTOFFGEHALT DER RATIONEN
VERSUCH I

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Labcasein (g)	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8
Federmehl (g)	---	5.0	10.0	---	---
Blutmehl (g)	---	---	---	5.0	10.0
Rohwasser %	9.5	10.1	9.0	9.2	9.0
Rohprotein % d. T %	30.3	33.5	36.2	35.0	37.7
Bruttoenergie (KJ/g T)	21.2	21.2	21.4	21.3	21.4
Cr_2O_3 % d. T	0.60	0.58	0.54	0.56	0.56
Rohasche % d. T	3.42	3.36	3.29	3.40	3.40

Tab. 21b: ROHNÄHRSTOFFGEHALT DER RATIONEN
VERSUCH I

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC (g)	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4
Federmehl (g)	---	5.0	10.0	---	---
Blutmehl (g)	---	---	---	5.0	10.0
Rohwasser %	7.9	7.9	8.0	9.6	10.0
Rohprotein % d. T	29.8	32.7	36.1	32.8	36.7
Bruttoenergie (KJ/g TS)	21.3	21.4	21.6	21.4	21.6
Cr_2O_3 % d. T	0.61	0.58	0.53	0.59	0.55
Rohasche % d. T	4.14	3.88	3.93	3.98	4.04

Tab. 22a: ROHNÄHRSTOFFGEHALT DER RATIONEN
VERSUCH II

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Labcasein (g)	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4
Gelatine (g)	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63
Methionin (g)	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225
Panseninhalt (g)	---	10.0	20.0	---	---
Proteinhydrolysat (g)	---	---	---	5.0	10.0
Rohwasser %	11.03	8.16	9.14	8.43	9.02
Rohprotein % d. T	36.2	33.8	31.8	39.7	42.5
Bruttoenergie (KJ/g T)	20.3	20.1	20.1	20.1	20.1
Cr ₂ O ₃ % d. T	0.60	0.59	0.53	0.59	0.55
Rohasche % d. T	8.07	8.84	9.05	8.43	8.42

Tab. 22b: ROHNÄHRSTOFFGEHALT DER RATIONEN
VERSUCH II

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC (g)	37.64	37.64	37.64	37.64	37.64
Panseninhalt (g)	---	10.0	20.0	---	---
Proteinhydrolysat (g)	---	---	---	5.0	10.0
Rohwasser %	7.09	8.03	8.46	7.59	8.66
Rohprotein % d. T	38.4	36.3	34.5	41.2	44.3
Bruttoenergie (KJ/g T)	21.0	20.9	20.7	20.8	20.9
Cr ₂ O ₃ % d. T	0.60	0.54	0.53	0.59	0.54
Rohasche % d. T	7.46	7.90	8.35	7.48	7.09

Da die Futtermischungen nicht alle auf 100 Teile ausgehend angegeben sind, ist ein Vergleich der errechneten mit den analysierten Gehaltswerten (hier % Angabe) nur nach Umrechnung möglich.

Die folgenden Tabelle 23 und 24 orientieren über den errechneten und den gemessenen Gehalt an Rohprotein und Chromoxid in den Versuchen I und II. Sie belegen mit wenigen Ausnahmen (Rationen (2), (3) und (8), Versuch II) eine sehr gute Übereinstimmung der Chromoxidwerte. Auch die Proteingehalte stimmen innerhalb eines erwartbaren Schätzfehlers brauchbar überein.

Tab. 23: VERGLEICH ERRECHNETER (e) UND ANALYSIRTER (a) GEHALTSWERTE
(VERSUCH I)

Code Nr.		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
g pro		90g	95g	100g	95g	100g	90g	95g	100g	95g	100g
Cr ₂ O ₃	e	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	a	0.49	0.50	0.49	0.48	0.51	0.51	0.51	0.49	0.51	0.50
RP	e	25.0	29.2	33.4	29.2	33.5	25.0	29.2	33.4	29.2	33.5
	a	24.7	28.7	32.9	30.2	34.3	24.7	28.6	33.2	28.2	33.0

Tab. 24: VERGLEICH ERRECHNETER (e) UND ANALYSIRTER (a) GEHALTSWERTE
(VERSUCH I)

Code Nr.		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
g pro		90g	100g	110g	95g	100g	90g	100g	110g	95g	100g
Cr ₂ O ₃	e	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	a	0.48	0.54	0.53	0.51	0.50	0.50	0.50	0.53	0.52	0.49
RP	e	30.0	31.3	32.6	34.6	39.2	30.0	31.3	32.6	34.6	39.2
	a	29.0	31.0	31.8	34.5	38.7	32.1	33.4	34.7	36.2	40.5

3.3.5 Versuchsdurchführung

Die Fische wurden vor den Versuchen mit Hilfe eines Fischsortiergerätes der Größe nach sortiert, um möglichst einheitliches Tiermaterial zu erhalten. Überaus große bzw. kleine Fische wurden im Versuch nicht verwendet, um die Gewichtsstreuungen zwischen den einzelnen Fischen zu Versuchsbeginn möglichst klein zu halten.

Nicht in dem Versuch I einbezogene Fische wurden während der Versuchsdauer zwischengehältert und nach Versuchsende mit den Versuchsfischen vereint, um das Ausgangsmaterial für Versuch II zu bilden.

Die Verteilung der Rationsgruppen im Raum erfolgte nach dem Zufallsprinzip (Tab. 25 und 26). Die Entnahme von Fischen zur Gesamtkörperanalyse (Probenfische) erfolgte jeweils gezielt, da das Durchschnittsgewicht der Probenfische im Mittel mit dem der Versuchsfische in etwa übereinstimmen sollte. Zu Versuchsbeginn wurde eine Gesamtprobe von 20 Fischen und bei Versuchsende jeweils von 10 Fischen/Fütterungsgruppe entnommen.

Die Tiere wurden durch Schlag auf den Kopf getötet, einzeln gewogen und bis zur weiteren Verarbeitung (Ganzkörperanalysen) in der Tiefkühltruhe aufbewahrt.

Tab. 25:

VERTEILUNG DER RATIONSGRUPPEN IM RAUM
VERSUCH I

Becken/Ration 1 (1) 6 (5)	Becken/Ration 2 (9) 7 (2)	Becken/Ration 3 (10) 8 (4)	Becken/Ration 4 (3) 9 (6)	Becken/Ration 5 (8) 10 (7)
11 (2) 16 (6)	12 (1) 17 (9)	13 (5) 18 (8)	14 (8) 19 (3)	15 (4) 20 (10)
21 (8) 26 (10)	22 (1) 27 (4)	23 (7) 28 (2)	24 (5) 29 (3)	25 (9) 30 (6)
31 (9) 36 (1)	32 (7) 37 (3)	33 (4) 38 (5)	34 (6) 39 (10)	35 (8) 40 (2)

Tab. 26:

VERTEILUNG DER RATIONSGRUPPEN IM RAUM
VERSUCH II

Becken/Ration 1 (1) 6 (3)	Becken/Ration 2 (4) 7 (1)	Becken/Ration 3 (3) 8 (4)	Becken/Ration 4 (2) 9 (2)	Becken/Ration 5 (5) 10 (5)
11 (3) 16 (2)	12 (1) 17 (1)	13 (5) 18 (3)	14 (2) 19 (4)	15 (4) 20 (5)
21 (6) 26 (8)	22 (9) 27 (6)	23 (8) 28 (9)	24 (7) 29 (7)	25 (10) 30 (10)
31 (8) 36 (7)	32 (6) 37 (6)	33 (10) 38 (8)	34 (7) 39 (9)	35 (9) 40 (10)

Während für die Verdaulichkeitsbestimmung im Verlauf des Versuchs I nur einmal von allen Fischen Kot durch "Strippen" (eine Woche nach Versuchsbeginn) gewonnen werden konnte, erfolgten die Kotentnahmen in Versuch II jeweils zwischen den 14-tägigen Wiegeterminen, nämlich nach 1, 3, 5 und 7 Wochen ab Versuchsbeginn. Dazu wurden die Forellen zur Ruhigstellung und besseren Handhabung in ein Betäubungsbad überführt. Dieses bestand aus einer belüfteten Wanne mit ca. 4 l Wasser und dem Betäubungsmittel MS-222 (Methansulfonat des m-Aminobenzoesäureäthylesters, SANDOZ AG) in einer Konzentration von 1:25000 (Ansatz: 3 ml Stammlösung/4 l; Stammlösung: 1 g MS-222/20 ml)

Das Einsetzen der Betäubung war an einer Verlangsamung der Schwimm- und Atmungsbewegungen zu erkennen. Anschließend wurden die Fische auf einem Handtuch leicht abgetrocknet und der Kot auf ein vorbereitetes Blatt aus Alufolie gestreift. Die so gewonnenen Kotproben wurden bis zur Aufarbeitung für die Cr_2O_3 -Bestimmung bei -18°C tiefgefroren aufbewahrt.

Zu Versuchsbeginn und dann im Abstand von 2 Wochen wurde das Gewicht der Fische festgestellt, indem - wie schon erwähnt - die Fische eines Aquariums als Gruppe gewogen wurde. Die Wägung erfolgte auf einer Mettler-Feinwaage (Wiegegenauigkeit 0.1 g) in einem mit Wasser gefüllten austarierten Gefäß. Vor dem Wiegen wurde der Kescher mit den Fischen vorsichtig in ein Frotteehandtuch eingeschlagen, um das am Kescher und an den Fischen anhaftende Wasser aufzusaugen. Die Wiegungen fanden jeden 14. Tag statt, wobei an den Wiegetagen nicht gefüttert wurde.

Getrennt aufgeführt werden im folgenden die speziellen Daten der beiden Versuche.

3.3.5.1

Versuch I:

Zur Vorperiode, welche zur Eingewöhnung der Fische vorgeschaltet war, wurden in die 40 Becken je 25 Fische mit einem mitt-

leren Stückgewicht zwischen 5.7 und 6.7 Gramm eingewogen. Sie erhielten in dieser Zeit das Kontrollfutter der Caseinreihe bei einem Fütterungsniveau von 1.8 % der Lebendmasse pro Tag. Zu Beginn des Hauptversuches wurden erneut gewichtsgleiche Gruppen zu je 20 Fischen/Becken gebildet. Die durchschnittlichen Fischgewichte beliefen sich danach auf 5.3 bis 6.4 g.

3.3.5.2 Versuch II:

Zu Beginn der Vorperiode wurden in alle 40 Becken je 6 Forellen eingesetzt, wobei eine Gewichtsgleichheit der Beckengesamtgewichte angestrebt wurde.

Es ergaben sich dabei Durchschnittsgewichte der Forellen zwischen 62.9 und 67.8 g. Während der ersten Wochen der Vorperiode erhielten die Fische das Forellenfutter "Forelli 42", in der zweiten Woche das Kontrollfutter (R 1), beide in einer Menge von 1.8 % der Lebendmasse pro Tag.

Von diesen Tieren wurden dann zum Versuchsbeginn (Hauptperiode) pro Becken 5 der 6 Fische ausgewählt und weitgehend gewichtsgleich eingewogen. Nunmehr ergab sich ein mittleres Fischgewicht von 72.5 - 76.4 Gramm.

3.3.6 Versuchsverlauf

3.3.6.1 Versuch I

Da die Fische sich vom Forellenbrutfutter der Firma Plange nur schwer auf das Futter der Vorperiode (Kontrollfutter "R") umstellen konnten, war die Fütterung am Anfang der Vorperiode etwas problematisch. Die Fische nahmen das Futter zum Teil nur

zögernd auf und spuckten es auch manchmal wieder aus. Durch eine sehr vorsichtige und zeitlich gestreckte Fütterung konnte jedoch im Verlauf der 1. Woche eine bessere Futteraufnahme erreicht werden und danach wurde das Versuchsfutter in allen Rationsgruppen relativ gut angenommen.

Die Mortalität war in diesem Versuch unverhältnismäßig hoch. 14 Tage nach Versuchsbeginn (Hauptversuch) traten hohe Verluste auf. Die Tiere verendeten unter unspezifischen Symptomen wie "Senkrechtstehen" und "Schrägschwimmen". Sekundärverpilzungen wurden indes nur in geringem Maße beobachtet. Eine Untersuchung auf Ektoparasiten im Zoologischen Institut der Tierärztlichen Fakultät der Universität München durch Prof. Dr. Hoffmann verlief mit negativem Ergebnissen. Als prophylaktische und therapeutische Maßnahme wurden alle Fische pro Becken in der dritten Versuchswoche mit einem Formalinbad (Verdünnung: 1: 15000, d.h. ca. 1 ml 37 %iges Formalin auf 6 l Wasser) für 5 - 10 Minuten gegen einen etwaigen Pilzbefall behandelt. Diese Therapie erwies sich jedoch nicht als wirksam und es kam zu weiteren Verlusten. Deshalb konnten auch die geplanten Wiegekontrollen 4 und 6 Wochen nach Versuchsbeginn nicht durchgeführt werden. Aufgrund dieser Verlusterate wurde die Futtermenge ab 4 Wochen nach Versuchsbeginn bis zum Versuchsende auf 0,9 % (R 1, 6) 0,95 % (R 2, 4, 7, 9) bzw. 1 % (R 3, 5, 8, 10) des Körpergewichts pro Fütterungstag reduziert. Aufschluß über die Anzahl der verendeten Tiere pro Ration gibt Tabelle 27.

Da die Verluste bei allen Gruppen gleicher Basisration in ungefähr gleicher Höhe auftraten, konnte eine Beziehung zu den verschiedenen Zulageprodukten ausgeschlossen werden. Indes kann festgestellt werden, daß die Ausfälle bei den mit den Caseinhaltigen Rationen gefütterten Fischen höher waren als bei anderen (FPC-Basis). Unter anderem führte dieser Zusammenhang zu der Änderung der Proteinquelle sowie des RP-Gehaltes bei Versuch II.

Tab. 27:

AUSFÄLLE - VERSUCH I
20 FISCHE/BECKEN - 4 WIEDERHOLUNGEN/GRUPPE

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
nach 2 Wochen	8	7	13	2	5	8	8	5	6	8
Versuchsende	62	48	52	71	59	39	25	23	27	18

3.3.6.2 Versuch II

Abweichend vom Versuchsverlauf des Versuchs I erfolgte der Versuch II unter Belüftung der Becken. Die Maßnahme war im wesentlichen zur Sicherung der Sauerstoffversorgung für den Fall eventueller Unterbrechungen in der Wasserversorgung vorgesehen. Das Belüftungsrohrnetz wurde von einem Ringkanalgebläse der Firma Siemens gespeist. In den Becken selbst verlief die Belüftung über Aquarienausströmer, wobei die Luftzufuhr mit einem Hahn geregelt werden konnte. Sowohl allgemein als auch möglicherweise durch die Änderungen der Basisrationen für diesen Versuch (s. S. 60) verlief dieser problemlos und störungsfrei. Das Versuchsfutter wurden von den Fischen akzeptiert und gut aufgenommen. Der Gesundheitszustand der Fische war zufriedenstellend, was auch durch die niedrige Mortalität von nur 4 von 200 Fischen zum Ausdruck kam.

3.4 Austauschversuch

3.4.1 Versuchsplan

Im folgenden Versuch wird über den Ersatz durch die Abfallprodukte Federmehl, Blutmehl, Proteinhydrolysat und Panseninhalt zu Lasten von FPC, bzw. zu Lasten von Sojaproteinkonzentrat berichtet. Alle Versuchsfuttermischungen wurden im Vergleich zu einem Standardfutter mit ca. 40 % Rohprotein geprüft. Als Eiweißquellen in dieser Kontrollration wurden FPC und das Sojaprotein "Danpro" der Firma Aarhus Oliefabrik, Dänemark, benutzt, wobei 32 % Rationsprotein aus FPC und 8 % aus Sojamehl stammten. Die zusätzliche Methioninergänzung in der Höhe von 1 % des Sojaproteins erhöht den Gesamtproteingehalt der Ration nur unwesentlich.

FPC bzw. Danpro wurden jeweils gegen 10 und 20 % des Rationsrohproteins aus Federmehl, Blutmehl und Proteinhydrolysat ausgetauscht (Tabelle 28). Dies entsprach absoluten Anteilen von 4 bzw. 8 % Rationsprotein aus den Prüfprodukten.

In den Rationen (8) und (15) wurde dagegen ein Austausch dieser Hauptproteinquellen durch 20 % Panseninhalt vorgenommen, welches einem Rationsproteingehalt von 2,68 % entsprach.

Da sich die Kotsammlung (stripping) in den Zulageversuchen mit den relativ kleinen Fischen wegen der geringen Ausbeute als wenig zufriedenstellend erwies und für den Austauschversuch ebenfalls nur kleine Fische - wenn auch in größerer Anzahl - zur Verfügung standen, wurde eine Teilung des Austauschversuches in einen Wachstumsversuch und einen Verdauungsversuch vorgenommen. Letzterer verlangte daher eine gesonderte Planung und Durchführung.

3.4.1.1 Wachstumsversuch (Versuch III)

Über die Versuchsanlage des Wachstumsversuches informiert Tabelle (28).

Die Tierzahl pro Becken betrug 40 Forellen (4 Wiederholungen/Gruppe) mit einem Durchschnittsgewicht von ca. 7 g zu Versuchsbeginn. Auch dieser Versuch dauerte 10 Wochen, aufgeteilt in 2 Wochen Vorperiode und 8 Wochen Hauptperiode. Als Versuchsparameter dienten Wachstum, Futteraufnahme und Futterverwertung sowie Protein- und Energieansatz.

3.4.1.2 Verdauungsversuch

Im parallel durchgeführten Verdauungsversuch fanden nur die Rationen Verwendung, die 20 % Rationsrohprotein aus den Abfallprodukten bzw. im Falle des Panseninhalts 6.7 % von diesem enthielten.

Wegen der begrenzten Kapazität der Rundbeckenanlage mußte dieser Versuch zeitlich aufgeteilt und nacheinander durchgeführt werden (Teil A und Teil B).

Die Versuchsanlage der Verdauungsversuche befindet sich in Tabelle 29. Die Lebendmasse der Fische lag in Teil A zwischen 109 und 148 g und im Teil B zwischen 124 und 165 g.

Als Versuchsdauer wurden pro Durchgang insgesamt 4 Wochen mit 2 Wochen Vorperiode und 2 Wochen Hauptperiode bei lediglich 2 Wiederholungen als ausreichend erachtet.

Als Versuchsriterien dienten die scheinbare Verdaulichkeit der Trockensubstanz sowie die scheinbare Rohprotein- und Energieverdaulichkeit.

Tab. 28a: **VERSUCHSANLAGE - AUSTAUSCHVERSUCH (WACHSTUMSVERSUCH)**
AUSTAUSCH ZU LASTEN VON FISCHPROTEINKONZENTRAT (FPC)

32 % Rationsprotein aus FPC und 8 % Rationsprotein aus Danpro (Sojaproteinkonzentrat)

Futtermenge: 2 % der LM/Tag, bezogen auf luftgetrocknetes Futter

Wasserversorgung: Kreislaufanlage

Versuchsdauer: 10 Wochen (2 Wochen Vorperiode, 8 Wochen Hauptperiode)

Ersatz durch	-- Federmehl --		-- Blutmehl --		Prot.-Hydrolysat		20%
% Rationsprotein	-	10	20	10	20	10	20
Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
FPC (%)	39.85	34.87	29.89	34.87	29.89	34.87	29.89
Danpro (%)	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19
Methionin (%)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Federmehl (%)	---	5.11	10.22	---	---	---	---
Blutmehl (%)	---	---	---	4.64	9.28	---	---
Prot.Hydrolys.(%)	---	---	---	---	---	4.68	9.36
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	---
RP gesamt (%)	40	40	40	40	40	40	40
Wiederholungen	4	4	4	4	4	4	4
Fische/Becken	40	40	40	40	40	40	40

Tab. 28b: **VERSUCHSANLAGE - AUSTAUSCHVERSUCH (WACHSTUMSVERSUCH)**
AUSTAUSCH ZU LASTEN VON SOJAPROTEINKONZENTRAT

32 % Rationsprotein aus FPC und 8 % Rationsprotein aus Danpro (Sojaproteinkonzentrat)

Futtermenge: 2 % der LM/Tag, bezogen auf lufttrockenes Futter

Wasserversorgung: Kreislaufanlage

Versuchsdauer: 10 Wochen (2 Wochen Vorperiode, 8 Wochen Hauptperiode)

Ersatz durch	-- Federmehl --		-- Blutmehl --		Prot.-Hydrolysat		20%Pan- senin- halt
% Rationsprotein	10	20	10	20	10	20	
Code-Nr.:	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
FPC (%)	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85
Danpro (%)	6.59	---	6.59	---	6.59	---	8.77
Methionin (%)	0.04	---	0.04	---	0.04	---	0.05
Federmehl (%)	5.11	10.22	---	---	---	---	---
Blutmehl (%)	---	---	4.64	9.28	---	---	---
Prot.Hydrolys.(%)	---	---	---	---	4.68	9.36	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	20
RP gesamt (%)	40	40	40	40	40	40	40
Wiederholungen	4	4	4	4	4	4	4
Fische/Becken	40	40	40	40	40	40	40

Tab. 29a: **VERSUCHSANLAGE - VERDAUUNGSVERSUCH - TEIL (A)**

Futtermenge: 1.5 % der LM/Tag, bezogen auf
luftgetrocknetes Futter

Wasserversorgung: Frischwasser (Rundbeckenanlage)

Versuchsdauer: 4 Wochen (2 Vorperiode, 2 Hauptperiode)

Code-Nr.:	(1)	(3)	(5)	(7)	(8)	(10)
FPC %	39.85	29.89	29.89	29.89	36.51	39.85
Danpro %	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	---
Methionin %	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	---
Federmehl %	---	10.22	---	---	---	10.22
Blutmehl %	---	---	9.28	---	---	---
Proteinhydrolysat %	---	---	---	9.36	---	---
Panseninhalt %	---	---	---	---	20	---
RP % gesamt	40	40	40	40	40	40
Wiederholungen	2	2	2	2	2	2
Fische/Becken	6	6	6	6	6	6

Tab. 29b: **VERSUCHSANLAGE - VERDAUUNGSVERSUCH - TEIL (B)**

Futtermenge: 1.5 % der LM/Tag, bezogen auf
luftgetrocknetes Futter

Wasserversorgung: Frischwasser (Rundbeckenanlage)

Versuchsdauer: 4 Wochen (2 Vorperiode, 2 Hauptperiode)

Code-Nr.:	(1)	(12)	(14)	(15)
FPC %	39.85	39.85	39.85	39.85
Danpro %	13.19	---	---	8.77
Methionin %	0.08	---	---	0.05
Blutmehl %	---	9.28	---	---
Proteinhydrolysat %	---	---	9.36	---
Panseninhalt %	---	---	---	20
RP % gesamt	40	40	40	40
Wiederholungen	2	2	2	2
Fische/Becken	6	6	6	6

3.4.2 Versuchstiere

3.4.2.1 Wachstumsversuch

Da sich mit Forellen aus Teichwirtschaften immer wieder Probleme hinsichtlich der Adaptation an die Haltungsbedingungen im Institut sowie eingeschleppter Fischkrankheiten ergaben, wurde im Aquarienraum des Instituts zwischenzeitlich eine Erbrütungsanlage errichtet. In dieser Anlage wurden Forelleneier im Augenpunktstadium erbrütet, anschließend in Brutrinnen bis zur Versuchsgröße aufgezogen, wobei sie mit dem handelsüblichen Forellenbrutfutter der Firma Plange, Kraftfutterwerke KG, Wangen, gefüttert wurden.

Dadurch bedingt stand eine größere Anzahl von Setzlingen zur Verfügung, die bis zum Beginn des Hauptversuches auf durchschnittlich 7 g angewachsen waren.

3.4.2.2 Verdauungsversuch

Für den Verdauungsversuch fanden die inzwischen auf über 100 g herangewachsenen Regenbogenforellen aus den vorangegangenen Versuchen Verwendung. Als Futter erhielten die Tiere vor Beginn der Vorperiode Forellenfutter aus institutseigener Herstellung, wobei zweimal täglich gefüttert wurde.

Der Verdauungsversuch Teil A wurde mit 72 Fischen einer durchschnittlichen Lebendmasse während der Vorperiode von ca. 128 g durchgeführt, während in Teil B 48 Regenbogenforellen mit einem durchschnittlichen Stückgewicht von ca. 145 g zu Beginn der Vorperiode ausreichten.

Während der Vor- und Hauptperiode wurden die Fische mit dem jeweiligen Versuchsfutter gefüttert.

3.4.3 Tierhaltung

Wie erwähnt fanden der Wachstums- und Verdauungsversuch zeitlich parallel und dadurch bedingt in verschiedenen Anlagen statt.

3.4.3.1 Wachstumsversuch

Die offene Kreislaufanlage, deren Vorteil in erster Linie in sparsamem und damit kostengünstigem Frischwasserverbrauch besteht, wurde hier für den Wachstumsversuch vorgezogen (siehe unter Tierhaltung Versuch I).

Da für diesen Versuch die gesamte Anlage zur Verfügung stand, konnten alle 60 Becken besetzt werden. Das Wasservolumen wurde dabei auf ca. 33 l eingestellt und der Durchfluß auf ca. 35 l/ Stunde einreguliert.

Bei einem Einsatz von 40 Fischen á ca. 7 g pro Becken ergab sich eine Besatzdichte von 8.5 g/l Wasser.

Der O_2 -Gehalt im Wasser lag wegen der zusätzlichen Belüftung der Versuchsbecken stets im Sättigungsbereich. Die Wassertemperatur schwankte während des Versuchs zwischen 11.7 und 12.5 °C und betrug im Durchschnitt ca. 12.1 °C.

3.4.3.2 Verdauungsversuch

Der Verdauungsversuch erfolgte in einer Rundbeckenanlage, welche für frühere Verdaulichkeitsuntersuchungen erstellt und mit einer speziellen Einrichtung zum Kotsammeln versehen war. Diese Rundbeckenanlage umfaßte 12 Durchlaufbecken, denen Frischwasser aus

einem höher gelegenen Reservoir zugeführt wurde. Jedes Rundbecken mit einem Durchmesser von 35 cm war 55 cm hoch und beinhaltete ca. 50 l. Unter jedem Becken befand sich ein Kotsammelgefäß (PVC-Flasche, 1000 ml), das über einen Gummischlauch mit dem nach unten offenen konischen Teil des Aquariums verbunden war (ausführliche Beschreibung der Rundbeckenanlage siehe bei SCHWALB und GROPP, 1979).

Die Belüftung der Becken erfolgte auch hier über das neu eingerichtete Belüftungsrohrnetz (s. S. 71) und je einem Ausströmerstein pro Aquarium.

Während im Versuchsteil A alle 12 Rundbecken benutzt wurden, waren im Teil B nur 8 Becken besetzt.

Der Fischbesatz lag mit 6 Tieren pro Becken im Teil A bei 15.4 g LM/l Wasser und im Teil B bei 17.4 g LM/l Wasser. Der Wasserdurchfluß sollte ca. 60 l/Stunde betragen. Kontrollmessungen ergaben für den Teil A ca. 56.8 l/Stunde und für den Teil B ca. 63.0 l/Stunde. Die Wassertemperatur schwankte zwischen 10.2 °C und 10.9 °C.

3.4.4 Versuchsfutter und Fütterung

3.4.4.1 Fütterungsregime

Im Wachstumsversuch betrug die Futterzuteilung täglich 2 % der Lebendmasse. Als Grundlage der Futterzuteilung dienten die ermittelten Gewichte der jeweils letzten zurückliegenden Wiegungen. Außer an den Wiegetagen wurde hier vier mal täglich gefüttert (vormittags gegen 9.30 und 11.30 Uhr sowie nachmittags gegen 13.30 und 15.30 Uhr).

Während der 14-tägigen Vorperiode erhielten die Fische in der 1. Woche Pelletfutter der Größe 1.5 mm aus der institutseigenen Herstellung, in der 2. Woche dagegen das Kontrollfutter (R 1). Im Verdauungsversuch wurde täglich die Futtermenge von 1.5 % der Lebendmasse in 3 Portionen verabreicht, und zwar vormittags um 9.00 Uhr, mittags um 12.00 Uhr und nachmittags um 16.00 Uhr.

Vor der Futtereinwaage wurden die Pellets durch Sieben vom Abrieb befreit, wodurch eine quantitative Futteraufnahme durch die Fische ermöglicht und eine eventuelle Verschmutzung des Wassers durch nicht verzehrte Futterpartikel vermieden werden sollte.

Die Futterzuteilung wurde individuell für jedes Becken anhand einer einzigen Wiegung der Fische am Anfang der Vorperiode ermittelt.

Gemäß dem Gewicht der verwendeten Fische wurde die Futtermenge täglich (wenn nötig) korrigiert. Gefüttert wurden die Fische während der jeweils 2-wöchigen Vor- und Hauptperiode mit den Versuchsrationen, wobei die quantitative Aufnahme des Futters und die Freßlust der Fische beckenweise kontrolliert und beurteilt wurde. Das nicht verzehrte Futter wurde täglich zurückgewogen.

3.4.4.2 Futterzusammensetzung

Das Kontrollfutter (R 1), mit dem die Rationen, welche zu bestimmten Teilen die tierischen Abfallprodukte enthielten, verglichen wurden, bestand aus 39.85 % FPC, 13.19 % Danpro und 0,08 % Methionin als Proteinträger und sollte ca. 40 % RP aufweisen. Auch die 15 Vergleichsrationen waren auf 40 % Rohprotein Gehalt eingestellt.

Während in den Rationen (2) bis (8) das FPC unter Beibehaltung der Konzentrationen von Danpro und Methionin gegen gestaffelte

Mengen der tierischen Abfallprodukte ausgetauscht wurde, blieb in den Rationen (9) - (15) der FPC-Anteil konstant und der Danpro- und Methioninanteil variierte entsprechend dem Einsatz der Abfallprodukte.

Die in Tabelle 30 dargelegten prozentualen Anteile in den Rationen geben den Austausch der Proteinanteile aus FPC bzw. Danpro durch diejenigen der tierischen Abfallprodukte wieder. Die Höhe der Proteinaustausches war pro Abfallprodukt mit 10 und 20 % vom Rationsprotein festgelegt.

Abweichend davon wurden in den Rationen (8) und (15) jeweils 20 % Panseninhalt eingemischt, welches einen Proteinaustausch von lediglich 2.68 % darstellte.

Es ist noch darauf hinzuweisen, daß in den Rationen (10), (12) und (14) das Sojaproteinkonzentrat (und das Methionin) komplett durch die tierischen Abfallprodukte ersetzt wurde.

Sowohl der Fettzusatz mit 10 % Fischöl als auch die Gehalte an Luprosil, Chromoxid, den Vitaminen, den Spurenelementen und ein Teil der Mineralien waren in allen Rationen konstant. Je nach Höhe der Abfallprodukteinmischungen und je nach der Austauschsubstanzen erfolgten jedoch unterschiedliche Zugaben der Mineralien KH_2PO_4 , NaCl und $\text{CaHPO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ (Tabelle 30). Diese Mischungen wurden durch varrierende Anteile an aufgeschlossener Maisstärke (Floculante) auf jeweils 100 % ergänzt.

Tab. 30a: RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%) - AUSTAUSCHVERSUCH (VERSUCH III)

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
FPC	39.85	34.87	29.89	34.87	29.89	34.87	29.89	36.51
Danpro	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19
Methionin	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Federmehl	---	5.11	10.22	---	---	---	---	---
Blutmehl	---	---	---	4.64	9.28	---	---	---
Proteinhydrolysat	---	---	---	---	---	4.68	9.36	---
Panseninhalt	---	---	---	---	---	---	---	20
Fischöl	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Ca-Propionat	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Na ₂ HPO ₄	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
KH ₂ PO ₄	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
NaCl	---	0.05	0.1	0.05	0.1	0.05	0.1	0.05
CaHPO ₄ x 2H ₂ O	---	0.55	1.1	0.55	1.1	0.55	1.1	0.55
MgO	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
KCl	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Cr ₂ O ₃	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vit.-Vormischg.	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Spuren.-Vormischg.	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Floculante	32.80	32.07	31.34	32.54	32.28	32.50	32.20	15.54
Gesamt	100	100	100	100	100	100	100	100

Zusammensetzung der Vormischungen: siehe Anhang, Tab A2

Tab. 30b: RATIONSZUSAMMENSETZUNG (%) - AUSTAUSCHVERSUCH (VERSUCH III)

Code-Nr.:	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
FPC	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85
Danpro	6.59	---	6.59	---	6.59	---	8.77
Methionin	0.04	---	0.04	---	0.04	---	0.05
Federmehl	5.11	10.22	---	---	---	---	---
Blutmehl	---	---	4.64	9.28	---	---	---
Proteinhydrolysat	---	---	---	---	4.64	9.36	---
Panseninhalt	---	---	---	---	---	---	20
Fischöl	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Ca-Propionat	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Na ₂ HPO ₄	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
KH ₂ PO ₄	1.15	1.3	1.15	1.3	1.15	1.3	1.15
NaCl	---	---	---	---	---	---	---
CaHPO ₄ x 2H ₂ O	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
MgO	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
KCl	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Cr ₂ O ₃	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vit.-Vormischg.	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Spuren.-Vormischg.	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Floculante	34.08	35.35	34.35	36.29	34.51	36.21	17.0
Gesamt	100	100	100	100	100	100	100

Zusammensetzung der Vormischungen: siehe Anhang, Tab A2

3.4.4.3 Rohnährstoffgehalt der Rationen

Die analytisch ermittelten Gehalte des Rohwassers, des Rohproteins, der Rohasche, des Chromoxids und der Bruttoenergie in den Versuchsfuttermischungen sind in Tabelle 31 wiedergegeben.

Berücksichtigt man, daß die Chromoxidwerte der Tabellen bezogen auf die Trockensubstanz sind, so darf auch hier wie in den Versuchen I und II - vielleicht mit Ausnahme von Ration 11 konstatiert werden, daß die Sollwerte für Chromoxid erreicht wurden. Der Rohproteinsollwert (40 %) der Kontrollration 1 wurde trotz vorheriger Bestimmung der Einzelkomponenten mit 38.9 % nicht ganz erreicht. Einige Rationen unterschreiten den Sollwert beträchtlich, so die Rationen 3 mit 32.8 %; 8, 9 und 13 mit 34.2, 36.9 und 37.1 %. Da Mischfehler auf Grund der bereits geschilderten Vorsichtsmaßnahmen weitgehend ausgeschlossen werden können und auch die Versuchsergebnisse keinen Hinweis auf eine tatsächlich verminderte Proteinzufuhr geben, wird angenommen, daß es sich hier um Probenahmefehler handelt. Bei der Berechnung des PPW wurde in den Gruppen (3) und (8) deshalb mit 39 % RP gerechnet.

3.4.5 Versuchsdurchführung

3.4.5.1 Wachstumsversuch

Für den 10-wöchigen Wachstumsversuch (incl. 2 Wochen Vorperiode) wurden die 60 Becken annähernd gewichtsgleich mit je 45 Fischen besetzt, deren mittleres Stückgewicht zwischen 5.0 und 6.5 g lag. Überaus große und kleine Fische wurden nach Möglichkeit nicht verwendet, um die Spannweite der Lebendmasse zwischen den einzelnen Tieren bei Versuchsbeginn möglichst klein zu halten.

Während der Vorperiode wurden die Forellen an die Umweltverhältnisse der Anlage gewöhnt. In dieser Zeit erhielten sie in der 1.

Tab. 31a: **ROHNÄHRSTOFFGEHALT (%) DER RATIONEN**
(Analytisch)

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
FPC %	39.85	34.87	29.89	34.87	29.89	34.87	29.89	36.51
Danpro %	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19
Methionin %	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Federmehl %	---	5.11	10.22	---	---	---	---	---
Blutmehl %	---	---	---	4.64	9.28	---	---	---
Proteinhydrolysat %	---	---	---	---	---	4.68	9.36	---
Panseninhalt %	---	---	---	---	---	---	---	20
Rohwasser %	10.5	10.2	9.3	10.1	9.5	10.5	10.0	9.9
Rohprotein % d. T	43.5	41.9	36.2	42.6	44.1	44.1	44.1	38.0
Rohprotein %	38.9	37.6	32.8	38.3	39.9	39.5	39.7	34.2
Bruttoenergie (KJ/g T)	21.9	21.8	21.7	21.8	21.6	21.0	21.0	21.9
Cr ₂ O ₃ % d. T	0.56	0.55	0.56	0.55	0.56	0.54	0.57	0.55
Rohfätsche % d. T	6.40	6.60	6.90	6.74	6.93	6.74	7.41	8.81

Tab. 31b: **ROHNÄHRSTOFFGEHALT DER RATIONEN**
(Analytisch)

Code-Nr.:	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
FPC %	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85
Danpro %	6.59	---	6.59	---	6.59	---	8.77
Methionin %	0.04	---	0.04	---	0.04	---	0.05
Federmehl %	5.11	10.22	---	---	---	---	---
Blutmehl %	---	---	4.64	9.28	---	---	---
Proteinhydrolysat %	---	---	---	---	4.68	9.36	---
Panseninhalt %	---	---	---	---	---	---	20
Rohwasser %	9.4	9.4	9.6	9.3	9.4	9.5	9.6
Rohprotein % d. T	40.7	43.0	42.9	44.4	41.0	44.7	42.6
Rohprotein %	36.9	39.0	38.8	40.3	37.1	40.5	38.5
Bruttoenergie (KJ/g T)	21.8	22.0	21.7	21.7	21.5	21.3	22.0
Cr ₂ O ₃ % d. T	0.54	0.53	0.52	0.54	0.56	0.54	0.54
Rohfätsche % d. T	6.11	5.97	6.24	6.20	6.23	6.47	8.53

Woche das institutsübliche Pelletfutter und danach das Kontrollfutter (R 1) und zwar mit einem Fütterungsniveau von 2 % der Lebendmasse pro Tag.

Bei Versuchsbeginn (Hauptperiode) wurden in den 60 Becken nur noch 40 Fische eines Durchschnittsanfangsgewichts von 6.9 bis 7.5 g belassen. Die Verteilung der Rationsgruppen im Raum ist der Tabelle 32 zu entnehmen.

Während des Versuchs fanden alle 2 Wochen Zwischenwiegungen statt. An den Wiegetagen selbst wurde nicht gefüttert.

Zur Durchführung von Ganzkörperanalysen wurden zu Beginn des Versuches 20 Fische und am Ende 10 Fische pro Becken (= 40 Fische pro Rationsgruppe) als Probenfische entnommen, wobei diese jeweils dem mittleren Stückgewicht aller Versuchsforellen zu Beginn bzw. dem einer Rationsgruppe bei Versuchsende entsprechen sollten.

Die Fische wurden durch Schlag auf den Kopf getötet, gewogen und bis zur weiteren Verarbeitung bei -18°C eingefroren aufbewahrt.

3.4.5.2 **Verdauungsversuch**

Der Besatz der Rundbecken erfolgte für die beiden geplanten Durchgänge (Teil A und B) mit jeweils 6 Regenbogenforellen. Zur Ermittlung der täglichen Fütterungsrate wurden die Fische nur ein einziges Mal gewogen, und zwar zu Beginn der Vorperiode. Da weder das Wachstum noch der Futtermittelverzehr oder die Futtermittelverwertung als Versuchsparameter vorgesehen war, sondern lediglich die Verdaulichkeit, konnte auf die Wiegungen zu Beginn und am Ende der Hauptperiode verzichtet werden.

Im Teil A, in welchem 12 Rundbecken bestückt wurden, wogen die Forellen durchschnittlich zwischen 108.8 und 147.7 g, während

Tab. 32: VERTEILUNG DER RATIONSGRUPPEN IM RAUM
WACHSTUMSVERSUCH - KREISLAUFANLAGE

Aquarien-Nr.	Ration	Aquarien-Nr.	Ration
1	(1)	6	(3)
2	(4)	7	(1)
3	(3)	8	(4)
4	(2)	9	(2)
5	(5)	10	(5)
11	(3)	16	(2)
12	(1)	17	(1)
13	(5)	18	(3)
14	(2)	19	(4)
15	(4)	20	(5)
21	(6)	26	(8)
22	(9)	27	(6)
23	(8)	28	(9)
24	(7)	29	(7)
25	(10)	30	(10)
31	(8)	36	(7)
32	(6)	37	(6)
33	(10)	38	(8)
34	(7)	39	(9)
35	(9)	40	(10)
41	(11)	46	(13)
42	(14)	47	(11)
43	(13)	48	(14)
44	(12)	49	(12)
45	(15)	50	(15)
51	(13)	56	(12)
52	(11)	57	(11)
53	(15)	58	(13)
54	(12)	59	(14)
55	(14)	60	(15)

diejenigen im Teil B in 8 besetzten Rundbecken ein mittleres Stückgewicht zwischen 124.4 und 165.4 g aufwiesen. Da die Fische vor der Vorperiode in größeren Behältern ohne Sichtkontakt zur Umgebung untergebracht waren, während des Versuchs in den Rundbecken mit seitlichem Sichtschlitz jedoch dieser Sichtkontakt gegeben war, erwies sich eine 2wöchige Vorperiode zur Eingewöhnung an die veränderte Umgebung als unumgänglich.

Im ersten Durchgang kamen die Rationen (1), (3), (5), (7), (8) und (10), im zweiten die Rationen (1), (12), (14) und (15), jeweils mit 2 Wiederholungen, zum Einsatz. Zur Absicherung eines besseren Vergleichs zwischen dem Kontrollfutter und den zu untersuchenden Rationen war die Kontrollration in beiden Teilen des Versuchs je 2 mal vertreten.

Während der Vor- und Hauptperiode wurden die Fische mit dem jeweiligen Versuchsfutter gefüttert. Innerhalb der zweiwöchigen Hauptperiode wurde der Kot der Fische täglich und für jedes Becken getrennt aus den unter den Becken stehenden Sammelgefäßen entnommen. Um den Kot annähernd quantitativ zu isolieren, wurde der Inhalt der Kotsammelgefäße vorsichtig durch ein engmaschiges Sieb gegossen, wodurch die Fäces abfiltriert werden konnten.

Die Maschenweite des Siebes erlaubte dabei andererseits das Passieren von zerfallenen kleinen Restfutterpartikeln. Wenn jedoch noch Futterreste an den Kotballen anhafteten, wurden erstere mit einer Spritzflasche vorsichtig von den Kotballen getrennt und durch das Sieb gespült.

Die so gesammelten Kotpartikel wurden dann in eine Plastiktüte überführt und bis zur Durchführung der Kotanalysen in einer Tiefkühltruhe gelagert.

Die Verteilung der Rationsgruppen im Raum ist aus den Tabellen 33 und 34 zu ersehen.

Tab. 33: VERTEILUNG DER RATIONSGRUPPEN IM RAUM
VERDAUUNGSVERSUCH TEIL (A) - RUNDBECKENANLAGE

Becken	1	2	3
Rationsgruppe	(1)	(3)	(5)
Becken	4	5	6
Rationsgruppe	(7)	(8)	(10)
Becken	7	8	9
Rationsgruppe	(1)	(3)	(5)
Becken	10	11	12
Rationsgruppe	(7)	(8)	(10)

Tab. 34: VERTEILUNG DER RATIONSGRUPPEN IM RAUM
VERDAUUNGSVERSUCH TEIL (B) - RUNDBECKENANLAGE

Becken	1	2	3
Rationsgruppe	(1)	(12)	(14)
Becken	4	5	6
Rationsgruppe	(15)	(1)	(12)
Becken	7	8	-
Rationsgruppe	(14)	(15)	-

3.4.6 Versuchsverlauf

3.4.6.1 Wachstumsversuch

Der Wachstumsversuch in der gesamten Kreislaufanlage verlief ohne wesentliche Störungen. Das Versuchsfutter wurde ab Versuchsbeginn von den Fischen sofort und sehr schnell akzeptiert, so daß die volle Rationszuteilung von 2 % Futter der LM pro Tag über die gesamte Versuchsdauer von 8 Wochen gefüttert werden konnte.

Die Fische zeigten im allgemeinen einem guten Gesundheitszustand. Während der 8-wöchigen Versuchsdauer starben lediglich 54 von insgesamt 2400 Forellen. Die verendeten Tiere wiesen aber keine sichtbaren Krankheitssymptome auf.

3.4.6.2 **Verdauungsversuch**

Die Futteraufnahme war gut und das Futter wurde zügig gefressen. Während der Vorperiode im ersten Durchgang (Teil A) starben 2 Fische hälterungsbedingt, d.h. nach Herausspringen aus dem Rundbecken. Ebenso verendete zu Anfang der Hauptperiode des Teils B ein Fisch, jedoch ohne erkennbare Ursache.

Im übrigen war der allgemeine Gesundheitszustand der Fische während der gesamten Versuchsdauer zufriedenstellend. Auch anderweitige Störungen traten nicht auf.

3.5 **VERSUCHSERGEBNISSE**

3.5.1 **Zulageversuche**

3.5.1.1 **Versuch I**

3.5.1.1.1 **Teil A (Caseinbasis)**

3.5.1.1.1.1 **Gewichtsentwicklung und Futterverwertung**

Wie aus Tabelle 35 zu ersehen ist, waren die besten Werte der auf Casein basierenden Rationen zu Versuchsende bei der Fütterung mit den Rationen (5) mit 10 g Blutmehl (LMZ: 6.9 g; α :1.43; FVW: 995 g LMZ/kg Futter) und (3) mit 10 g Federmehl (LMZ: 6.6 g; α : 1.37; FVW: 1032 g LMZ/kg) zu beobachten, wobei die Gruppe (5) die Gruppe (3) nur geringfügig und nicht signifikant übertraf. Gegenüber der Kontrollgruppe (1) lagen die Werte der Gruppe (2) mit 5 g Federmehl nur wenig und Gruppe (4) mit 5 g Blutmehl erkennbar höher.

Die Abbildung 7 verdeutlicht das Verhältnis zwischen Futterverzehr (g) und Lebendmassezunahme (g).

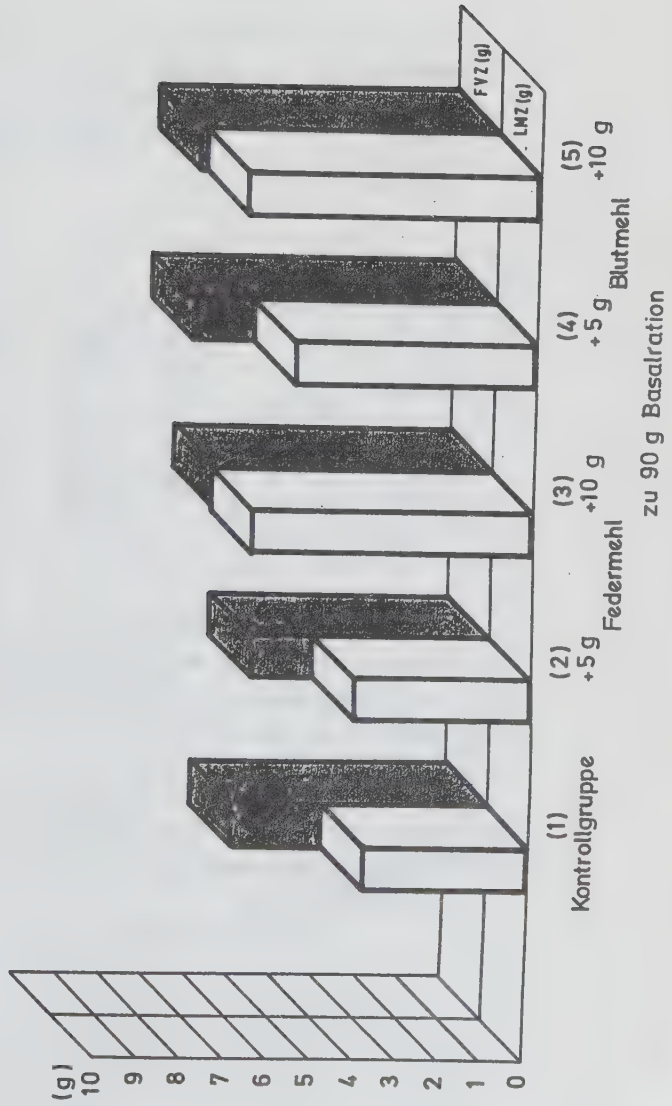
Über die spezifischen Wachstumsraten in den einzelnen Versuchsabschnitten informiert Tabelle 36. Bei der 1. Zwischenwiegung (nach 2 Wochen) lagen die spezifische Wachstumsrate und die Futterverwertung der Kontrollgruppe (1) (α : 0.49, FVW: 275 g LMZ/kg Futter) deutlich unter denen der Gruppen (2), (α : 0.74; FVW: 444 g LMZ/kg), (3) und (5). Im Vergleich der Gruppen (3) und (5) ergaben sich für die Gruppe (3) mit α = 0.96 und einer FVW von 534 g LMZ/kg Futter höhere Werte als für die Gruppe (5) mit α = 0.65 und einer FVW von 362 g LMZ/kg. Wesentlich niedrigere Werte ließen sich für die Gruppe (4) (α : 0.20; FVW: 162 g LMZ/kg) ermitteln.

Tab. 35: VERSUCH I A (CASEINBASIS)
 8 WOCHENERGEBNISSE
 LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ UND),
 FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG
 (LMZ (g) / FVZ (kg))
 20 Fische/Becken - 4 Wiederholungen

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Casein	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8
Federmehl	---	5.0	10.0	---	---
Blutmehl	---	---	---	5.0	10.0
RP gesamt (g)	25.0	29.2	33.4	29.2	33.5
pro	90g	95g	100g	95g	100g
LM (g) VB	5.7	5.9	5.9	5.5	5.8
+ s	0.3	0.3	0.3	0.1	0.3
LM (g) VE	9.6	10.1	12.5	11.2	12.7
+ s	0.7	0.7	0.8	1.0	0.7
relativ	(100)	(105)	(130)	(117)	(132)
LMZ (g)	3.9	4.2	6.6	5.7	6.9
+ s	0.6	0.4	0.9	1.0	0.8
relativ	(100)	(108)	(169)	(146)	(177)
LMZ (%)	68.4	71.2	111.9	103.6	119.0
α	0.96	0.98	1.37	1.29	1.43
+ s	0.11	0.07	0.17	0.15	0.14
relativ	(100)	(102)	(143)	(134)	(149)
FVZ (g)	6.0	5.6	6.5	7.1	7.0
+ s	0.6	0.6	1.1	0.6	0.7
relativ	(100)	(93)	(108)	(118)	(117)
FVW (g/kg)	662	753	1032	809	995
+ s	158	126	61	164	54
relativ	(100)	(114)	(156)	(122)	(150)

Abb.: 7

Versuch 1A Zulageversuch
Lebendmassezunahme und Futterverzehr (g/Fisch in 8 Wochen)
Rationsprotein: Casein



Tab. 36: VERSUCH I A (CASEINBASIS)
 SPEZIFISCHE WACHSTUMSRATEN
 IN DEN EINZELNEN VERSUCHSABSCHNITTEN
 20 Fische/Becken - 4 Wiederholungen

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Casein	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8
Federmehl	---	5.0	10.0	---	---
Blutmehl	---	---	---	5.0	10.0
RP gesamt (g) pro	25.0 90g	29.2 95g	33.4 100g	29.2 95g	33.5 100g
1. + 2. Woche + s relativ	0.49 0.27 (100)	0.74 0.51 (151)	0.96 0.08 (196)	0.20 0.13 (41)	0.65 0.41 (133)
3. - 8. Woche + s relativ	1.19 0.31 (100)	1.07 0.09 (90)	1.68 0.16 (141)	1.69 0.20 (142)	1.75 0.34 (147)

Eine Beziehung zwischen der spezifischen Wachstumsrate bestimmter Versuchsgruppen und den Krankheitssymptomen bzw. der Verlustrate konnte nicht festgestellt werden (s. Versuchsverlauf).

In Abbildung 8 ist die prozentuale Lebendmassezunahme im Vergleich zur Kontrollgruppe graphisch verdeutlicht, woraus jeweils eine Steigerung mit den gestaffelten Abfallprodukt-Zulaugen abzulesen ist.

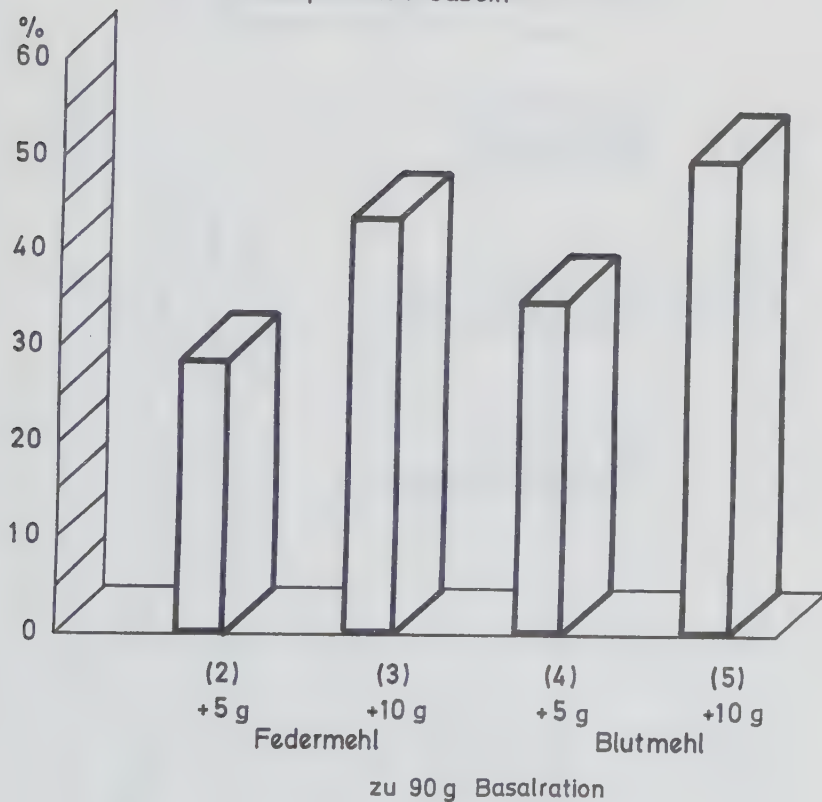
Abb.: 8

Versuch 1A

Zulageversuch

Relative LMZ bei Versuchsende im Vergleich zur
Kontrollgruppe (= 0)

Rationsprotein : Casein



3.5.1.1.1.2 Tierkörperanalyse, Protein- und Energieansatz

Die zu Beginn und am Ende des Versuchs zur Probe entnommenen Fische wurden auf ihren Gehalt an Rohnährstoffen und Energie untersucht. Die ermittelten Werte sind der Tabelle 37 zu entnehmen und werden durch Abbildung 9 im Vergleich zu Kontrollgruppe dargestellt.

Tab. 37: VERSUCH I A (CASEINBASIS)
DIE KÖRPERZUSAMMENSETZUNG DER PROBEFISCHE
ZU VERSUCHSBEGINN UND VERSUCHSENDE

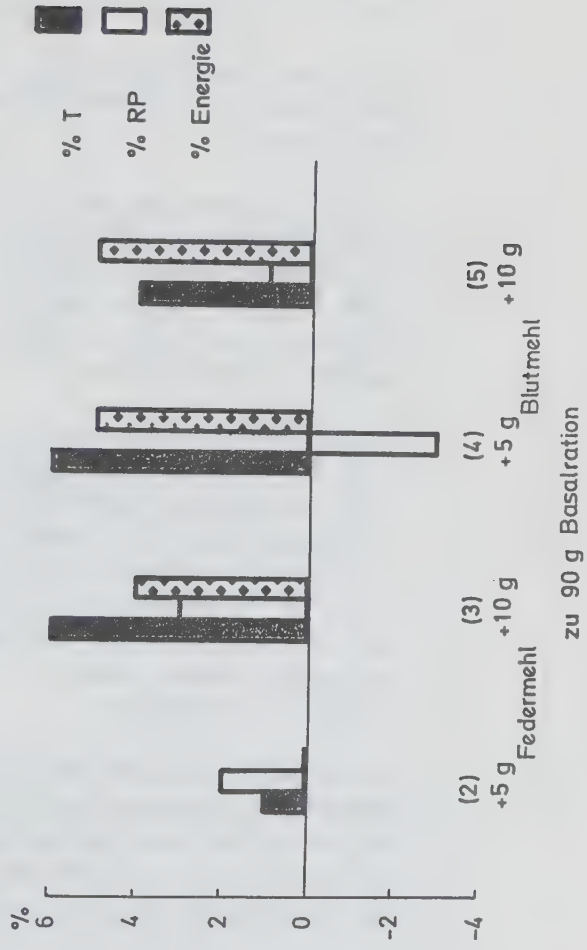
Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(VB)
Casein	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	
Federmehl	---	5.0	10.0	---	---	
Blutmehl	---	---	---	5.0	10.0	
RP gesamt (g) pro	25.0 90g	29.2 95g	33.4 100g	29.2 95g	33.5 100g	
Fischzahl (n)	10	10	10	10	10	20
LM (g)	9.0	9.4	11.7	11.1	12.4	5.4
+ s	3.7	3.5	2.9	2.5	4.5	0.9
relativ	(100)	(104)	(130)	(123)	(138)	
T (%)	21.3	21.6	22.6	22.5	22.2	20.9
+ s	2.1	1.7	2.1	1.7	1.4	1.0
relativ	(100)	(101)	(106)	(106)	(104)	
RP (% d. T)	62.7	64.0	64.6	61.1	63.3	66.8
+ s	6.3	2.8	3.1	2.7	4.5	2.5
relativ	(100)	(102)	(103)	(97)	(101)	
Energie	23.5	23.6	24.4	24.7	24.7	23.0
(KJ/g T) + s	0.7	1.0	1.0	1.1	1.0	0.8
relativ	(100)	(100)	(104)	(105)	(105)	
Asche (% d. T)	10.8	9.9	9.1	8.9	8.5	11.0
+ s	1.5	0.5	0.8	0.7	1.1	1.0
relativ	(100)	(92)	(84)	(82)	(79)	

Abb.: 9

Versuch 1A

Zulageversuch

Prozentuale Änderung der Körperzusammensetzung (T, RP, Energie)
im Vergleich zur Kontrollgruppe (=0)
Rationsprotein : Casein



Die 20 zu Versuchsbeginn getöteten Fische wiesen mit 20.9 % Trockensubstanz und 66.8 % Rohprotein der Trockensubstanz die niedrigsten Trockensubstanzwerte auf. Diese Befunde fügen sich ohne weiteres in die bisher beobachteten und bestätigten (SCHWARZBACH (1981), GROPP, KÜCHLE (1983)) negativen Korrelationen zwischen Trockensubstanz- und Rohproteingehalt ein.

Ein besseres Wachstum der Fische hatte entsprechend auch einen höheren Trockensubstanz- und Energiegehalt im Tierkörper zur Folge.

In den Tierkörpern der Gruppe (3) mit 10 g Federmehl sowie (4) und (5) mit 5 bzw. 10 g Blutmehl wurden dabei in der Tendenz höhere Werte als in jenen der Kontrollgruppe (1) vorgefunden. Geringer hingegen war die Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes der Ration (2) mit 5 g Federmehl (Tabelle 37) gegenüber der Kontrollgruppe.

Aufgrund der analysierten Körperzusammensetzung der Probenfische zu Versuchsbeginn und -ende wurde der Ansatz der Formellen an Rohprotein und Energie berechnet (Tabelle 38). Die Lebendmassezunahme- und Wachstumszunahmen (Tabelle 35) spiegeln sich hier in den N-Parameter-Untersuchungen wieder.

Bessere Wachstumsraten waren auch bei REITER (1984) mit einer entsprechend erhöhten N-Retention verbunden. Gleiches gilt auch für den Energieansatz.

Alle Rationen mit einer Abfallprodukt-Zulage wiesen zudem bessere Werte des PPW und dem K_{tot} auf als die Kontrollgruppe. Die besten produktiven Proteinwerte und Gesamtwirkungsgrade wurden jedoch in Gruppe (3) (Zusatz von 10 g Federmehl) erzielt (PPW: 46.7; K_{tot} : 29.2).

Tab. 38: VERSUCH I A (CASEINBASIS)
 RP-ANSATZ, PRODUKTIVER PROTEINWERT (PPW)
 ENERGIEANSATZ UND BRUTTOENERGIEVERWERTUNG (K_{tot})

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Labcasein	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8
Federmehl	---	5.0	10.0	---	---
Blutmehl	---	---	---	5.0	10.0
RP gesamt (g)	25.0	29.2	33.4	29.2	33.5
pro	90g	95g	100g	95g	100g
RP-Ansatz (g/Tier)	0.49	0.57	0.99	0.77	0.97
relativ	(100)	(116)	(202)	(157)	(198)
PPW (%)	23.1	35.6	46.7	36.7	40.5
relativ	(100)	(154)	(202)	(158)	(175)
Energieansatz (KJ/Fisch)	20.7	23.1	40.6	35.8	41.8
relativ	(100)	(112)	(196)	(173)	(202)
K_{tot}	16.2	19.5	29.2	23.7	27.9
relativ	(100)	(120)	(180)	(146)	(172)

3.5.1.1.1.3 Verdaubarkeit

In diesem Versuch wurden der Kot der Fische pro Ration aus schon erwähnten Gründen nur einmal, und zwar nach einer Woche ab Versuchsbeginn, gesammelt. Somit stand zur Auswertung für die Verdaulichkeit nur eine beschränkte Anzahl von Proben zur Verfügung.

Die scheinbare Verdaubarkeit der Trockensubstanz ist in Tab. 39 wiedergegeben, in Abbildung 10 graphisch dargestellt.

Tab. 39: **VERSUCH I A (CASEINBASIS)**
SCHEINBARE VERDAUBARKEIT DER TROCKENSUBSTANZ (%)

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Labcasein	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8
Federmehl	---	5.0	10.0	---	---
Blutmehl	---	---	---	5.0	10.0
RP gesamt (g)	25.0	29.2	33.4	29.2	33.5
pro	90g	95g	100g	95g	100g
T-VQ	77.9	73.8	74.3	72.7	78.5

Die Verdaulichkeit der Trockensubstanz variierte in den 5 Rationen zwischen 72.7 und 78.5. Gruppe (5) mit 78.5 % erreichte gegenüber der Kontrollgruppe mit 77.9 % einen etwas höheren Wert, während die Werte der übrigen Gruppen in unterschiedlicher Höhe niedriger ausfielen. Die Staffelung der Zulagen wirkte sich bei Federmehl kaum oder nur wenig, bei Blutmehl jedoch in höherem Maße zugunsten einer höheren Verdaulichkeit bei 10 g gegenüber 5 g Zulage aus.

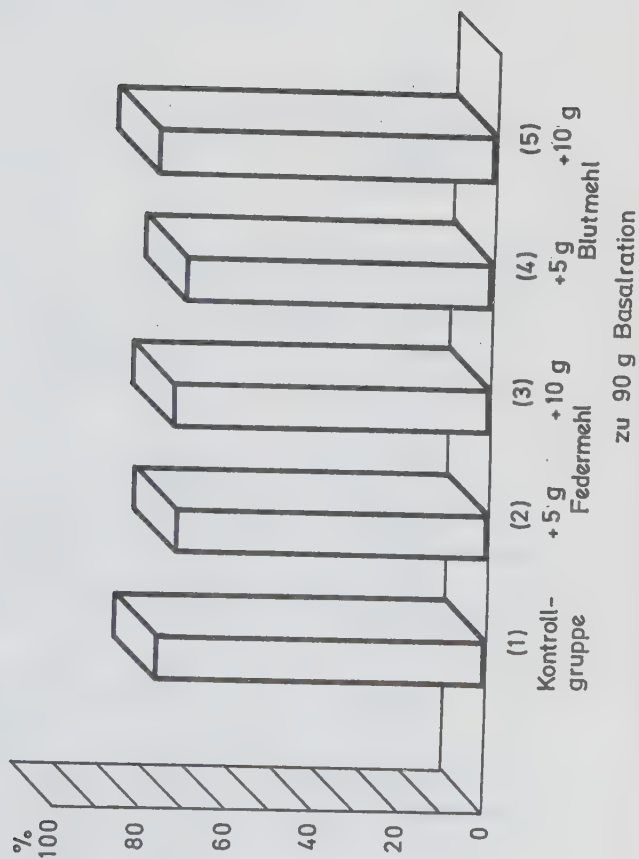
3.5.1.1.2 **Teil B (FPC-Basis)**

3.5.1.1.2.1 **Gewichtsentwicklung und Futterverwertung**

Bereits im ersten Versuchsabschnitt war bei der Wiegung nach 2 Wochen zu erkennen, daß ein steigender Zusatz von Federmehl (Gruppen (7), (8)) oder von Blutmehl (Gruppen (9), (10)) zu besseren Wachstumsergebnissen führte.

Abb.: 10

Versuch I A Zulageversuch
 T - Verdaulichkeit (%)
 Rationsprotein : Casein



Die Endergebnisse nach 8 Wochen bekräftigen diese Tendenz deutlich (Tabelle 40).

Tab. 40: VERSUCH I B (FPC-BASIS)
 8 WOCHENERGEBNISSE (ENDERGEBNISSE)
 LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ UND α),
 FUTTERVERZEHR (FVZ UND FUTTERVERWERTUNG
 (LMZ (g)/ FVZ (kg))
 20 Fische/Becken - 4 Wiederholungen

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4
Federmehl	---	5.0	10.0	---	---
Blutmehl	---	---	---	5.0	10.0
RP gesamt (g)	25.0	29.2	33.4	29.2	33.5
pro	90g	95g	100g	95g	100g
LM (g) VB	5.8	5.7	5.9	5.9	5.7
+ s	0.2	0.3	0.3	0.2	0.4
LM (g) VE	10.0	11.3	12.5	11.6	12.3
+ s	0.3	0.4	1.5	1.0	1.1
relativ	(100)	(113)	(125)	(116)	(123)
LMZ (g)	4.2	5.6	6.6	5.7	6.5
+ s	0.4	0.7	1.2	1.0	1.0
relativ	(100)	(133)	(157)	(136)	(155)
LMZ (%)	72.4	98.3	111.9	96.6	114.0
α	0.98	1.25	1.37	1.24	1.39
+ s	0.09	0.17	0.15	0.15	0.14
relativ	(100)	(128)	(140)	(127)	(142)
FVZ (g)	6.0	5.9	6.6	6.0	6.6
+ s	0.6	0.4	0.4	0.5	0.7
relativ	(100)	(98)	(110)	(100)	(110)
FVW (g/kg)	705	961	996	955	987
+ s	121	178	138	106	118
relativ	(100)	(136)	(141)	(135)	(140)

Andererseits erreichten die Fische der Kontrollgruppe hier auch eine größere Gewichtszunahme im Vergleich zur Kontrollgruppe mit Casein als Proteiquelle (Teil A).

Im Bezug auf die Lebendmassezunahme, die spezifische Wachstumsrate und die Futterverwertung überstiegen die Werte von Gruppe (8) mit 10 g Federmehl (LMZ: 6.6 g; α : 1.37; FVW: 996 g LMZ/kg Futter) und von Gruppe (10) mit 10 g Blutmehl (LMZ: 6.5 g; α : 1.39; FVW: 987 g LMZ/kg) im 8 Wochenvergleich diejenigen der Kontrollgruppe (LMZ: 4.2 g; α : 0.98; FVW: 705 g LMZ/kg Futter) um jeweils rund 40 % oder mehr.

Ration (7) mit 5 g Federmehl und Ration (9) mit 5 g Blutmehl schnitten nur um ca. 25-35 % besser ab als die Kontrollration (1).

Abbildung 11 zeigt das Verhältnis zwischen den kumulativen Werten für Futterverzehr (g) und Lebendmassezunahme (g) für die einzelnen Versuchsgruppen. Abb. 12 läßt eine positive Korrelation der prozentualen Lebendmassezunahmen mit der Staffelung der Abfallprodukt-Zulagen im Vergleich zur Kontrollgruppe (= 0) besonders gut erkennen.

Gleiches gilt auch für die spezifische Wachstumsrate während der einzelnen Versuchsabschnitte (Tabelle 41). Ebenso wie in Teil A konnte in diesem Teilversuch (B) keine Beziehung zwischen der spezifischen Wachstumsrate bestimmter Versuchsgruppen und den Krankheitssymptomen bzw. den Verlusten festgestellt werden.

3.5.1.1.2.2 Tierkörperanalyse, Protein- und Energieansatz

Die mittleren Stückgewichte der für die Ganzkörperanalyse entnommenen und getöteten Fische wiesen eine gute Übereinstimmung mit denen der zu Versuchsbeginn eingesetzten bzw. zu Versuchsende erhaltenen Fische auf.

Abb.: 11

Versuch 1B Zulageversuch
Lebendmasszunahme und Futterverzehr (g/Fisch in 8 Wochen)
Rationsprotein : FPC

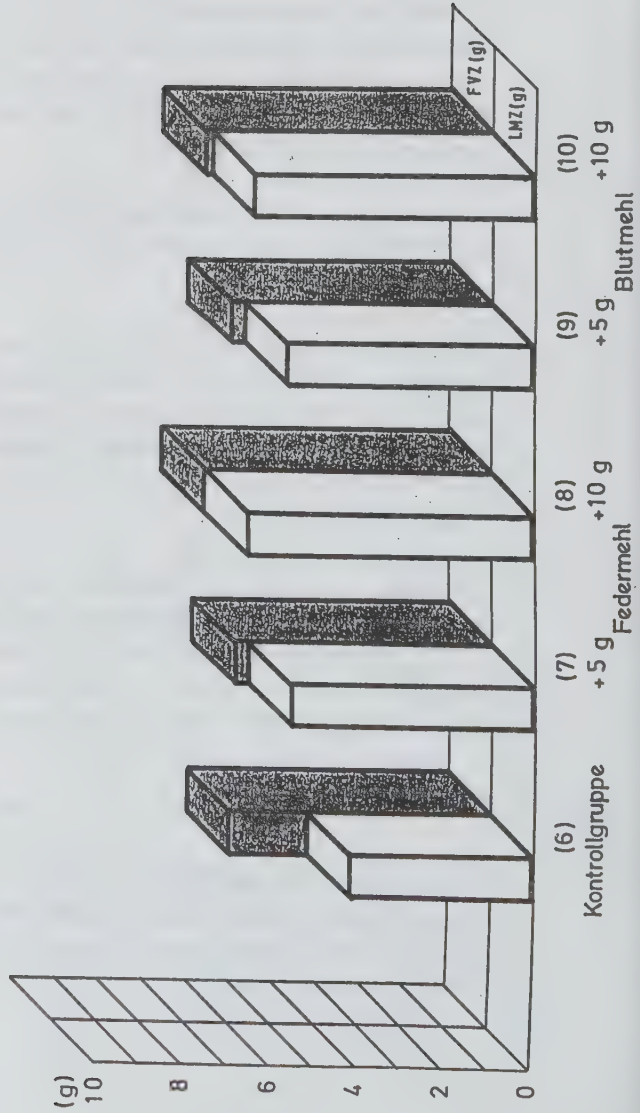


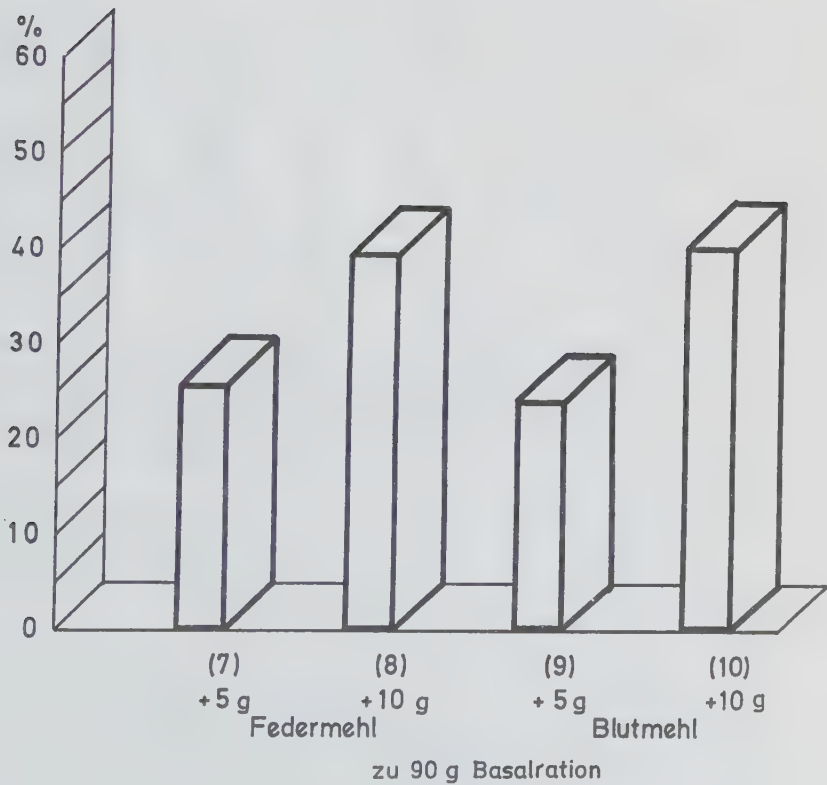
Abb.: 12

Versuch IB

Zulageversuch

Relative LMZ bei Versuchsende im Vergleich zur
Kontrollgruppe (=0)

Rationsprotein: FPC



Tab. 41: VERSUCH I B (FPC-BASIS)
SPEZIFISCHE WACHSTUMSRATE IN DEN
EINZELNEN VERSUCHSABSCHNITTEN
 20 Fische/Becken - 4 Wiederholungen

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4
Federmehl	---	5.0	10.0	---	---
Blutmehl	---	---	---	5.0	10.0
RP gesamt (g)	25.0	29.2	33.4	29.2	33.5
pro	90g	95g	100g	95g	100g
1. + 2. Woche	1.56	1.80	2.02	1.76	2.13
+ s	0.40	0.11	0.30	0.52	0.48
relativ	(100)	(115)	(129)	(113)	(137)
3. - 8. Woche	0.83	1.11	1.18	1.11	1.18
+ s	0.09	0.25	0.25	0.21	0.23
relativ	(100)	(134)	(142)	(134)	(142)

Die Analyseergebnisse der Trockensubstanz-, der Rohprotein-, der Energie- und der Aschebestimmung der Probenfischkörper sind in Tabelle 42 zusammengefaßt und prozentual im Vergleich zur Kontrollgruppe (= 0) in Abbildung 13 graphisch dargestellt.

Die zu Beginn des Versuchs zur Probe entnommenen Fische wiesen - wie in Teil A - mit 20.9 % Trockensubstanz und 66.8 % Rohprotein in der Trockensubstanz die niedrigsten Trockensubstanzwerte und die höchsten Rohproteinkonzentrationen auf.

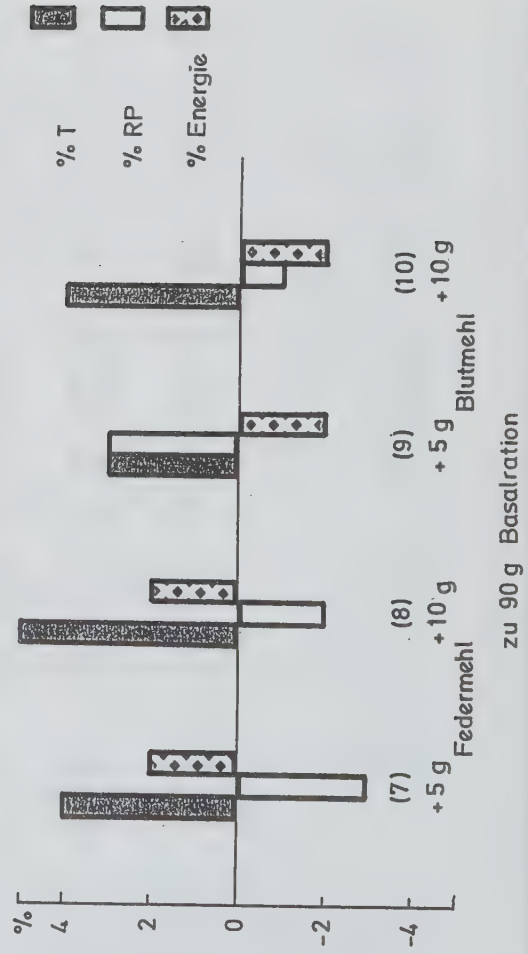
In der Gruppe (8) mit einem Zusatz von 10 g Federmehl zur Fütteration wurden höhere Werte des Trockensubstanz- und Energiegehaltes (T: 24.1 %; Energie: 26.2 KJ/g T) als in den anderen Gruppen gefunden. Gegenüber den Gruppen (9) und (10) mit

Tab. 42: VERSUCH I B (FPC-BASIS)
DIE KÖRPERZUSAMMENSETZUNG DER PROBENFISCHE

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(VB)
FPC	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4	
Federmehl	---	5.0	10.0	---	---	
Blutmehl	---	---	---	5.0	10.0	
RP gesamt	25.0	29.2	33.4	29.2	33.5	
Fischzahl (n)	10	10	10	10	10	20
LM (g)	9.1	11.7	13.7	10.5	13.7	5.4
+ s	2.4	2.3	3.1	1.6	2.9	0.9
relativ	(100)	(129)	(151)	(115)	(151)	
T (%)	22.9	23.8	24.1	23.5	23.8	20.9
+ s	2.0	0.9	1.2	1.0	1.6	1.0
relativ	(100)	(104)	(105)	(103)	(104)	
RP (% d. T)	59.1	57.6	58.2	60.7	58.3	66.8
+ s	2.3	3.5	5.0	4.1	4.3	2.5
relativ	(100)	(97)	(98)	(103)	(99)	
Energie (KJ/g T)	25.7	26.1	26.2	25.1	25.2	23.0
+ s	0.9	0.3	0.6	0.7	1.3	0.8
relativ	(100)	(102)	(102)	(98)	(98)	
Asche (% d. T)	9.5	9.1	9.2	9.3	8.8	11.0
+ s	0.6	0.4	1.0	0.2	0.3	1.0
relativ	(100)	(96)	(97)	(98)	(93)	

Blutmehlzusatz sowie der Kontrollgruppe schnitt auch Gruppe (7) mit einem Zusatz von 5 g Federmehl besser ab, woraus unter Berücksichtigung der nicht allzu großen Unterschiede und der Standardabweichungen vorsichtig geschlossen werden kann, daß die mit Federmehlzusatz gefütterten Fische vor allem einen höheren Fettansatz aufweisen könnten.

Abb.:13 Versuch 1 B Zulageversuch
 Prozentuale Änderung der Körperzusammensetzung (T, RP, Energie)
 im Vergleich zur Kontrollgruppe (=0)
 Rationsprotein: FPC



Mit der Differenz der im Fisch zu Versuchsbeginn und -ende vorhandenen Rohprotein- und Energiegehalt wurde der Ansatz der Formeln an Rohprotein und Energie berechnet.

Tab. 43: VERSUCH I B (FPC-BASIS)
RP-ANSATZ, PRODUKTIVER PROTEINWERT (PPW)
ENERGIEANSATZ UND BRUTTOENERGIEVERWERTUNG (K_{tot})

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4
Federmehl	---	5.0	10.0	---	---
Blutmehl	---	---	---	5.0	10.0
RP gesamt (g) pro	25.0 90g	29.2 95g	33.4 100g	29.2 95g	33.5 100g
RP-Ansatz (g/Fisch) relativ	0.54 (100)	0.75 (139)	0.93 (172)	0.83 (154)	0.91 (169)
PPW relativ	36.1 (100)	44.2 (122)	42.3 (117)	48.8 (135)	41.7 (116)
Energieansatz (KJ/Fisch) relativ	31.0 (100)	42.8 (138)	50.6 (163)	40.1 (129)	46.4 (150)
K_{tot} relativ	24.2 (100)	33.9 (140)	35.5 (147)	31.2 (129)	32.5 (134)

Tabelle 43 zeigt, daß sich der PPW der Gruppen (9) mit 48.8, (7) mit 44.2 und (8) mit 42.3 und (10) mit 41.7 deutlich von der Kontrollration (PPW: 36.1) unterscheidet. Ähnlich verhielt sich der Gesamtwirkungsgrad der Bruttoenergie (K_{tot}) bei den Rationen mit einem Zusatz von 5 bzw. 10 g Federmehl oder Blutmehl. Weiterhin ist zu konstatieren, daß für die mit Federmehlzusatz gefütterten Fische wiederum ein etwas besserer Gesamtwirkungsgrad gegenüber den mit Blutmehlzusatz gefütterten Fische erreicht wurde.

3.5.1.1.2.3 Verdaubarkeit

Auch in Versuchsteil (B) wurde wie in (A) den Fischen nur einmal, und zwar 7 Tage nach Versuchsbeginn, Kot durch Streifen entnommen.

Über die Zahlenwerte der scheinbaren T-Verdaulichkeit informieren Tabelle 44 und Abbildung 14.

Die Verdaubarkeitsquotienten für die T der Rationen mit Federmehlzusatz (R 7 und 8) unterschieden sich demnach nicht von jener der Kontrollration und erreichten einen Wert von ca. 77.5 %.

Dagegen lagen die Werte der Ration (10) mit 10 g Blutmehlzusatz nur wenig und der Ration (9) mit 5 g Zusatz von Blutmehl etwas deutlicher unter dem Wert der Kontrollration.

Tab. 44: VERSUCH I B (FPC-BASIS)
 SCHEINBARE VERDAUBARKEIT DER TROCKENSUBSTANZ (%)

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4
Federmehl	---	5.0	10.0	---	---
Blutmehl	---	---	---	5.0	10.0
RP gesamt (g) pro	25.0 90g	29.2 95g	33.4 100g	29.2 95g	33.5 100g
T	77.7	77.5	77.4	72.7	75.5

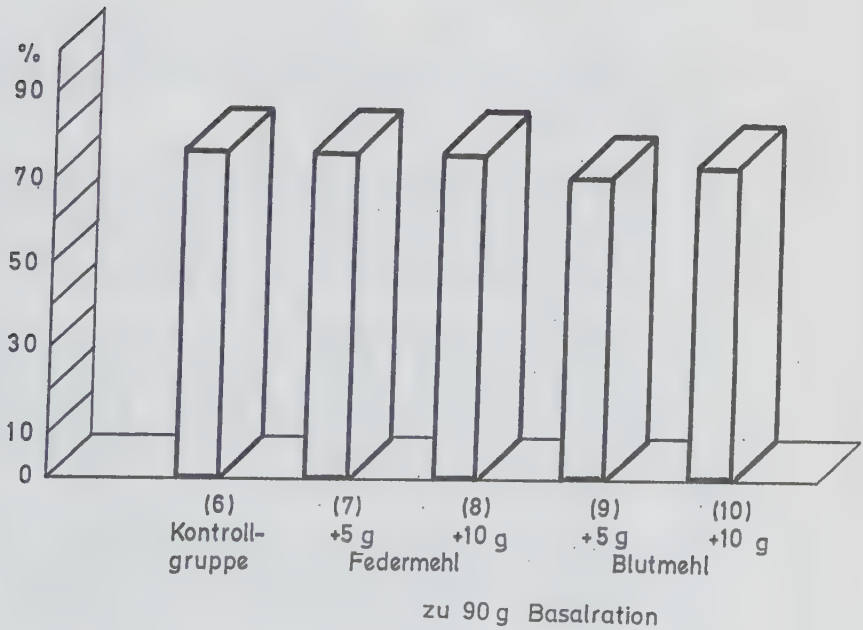
Abb.:14

Versuch IB

Zulageversuch

T - Verdaulichkeit (%)

Rationsprotein : FPC



3.5.1.2 Versuch II

3.5.1.2.1 Teil A (Casein-Gelatine-Basis)

3.5.1.2.1.1 Gewichtsentwicklung und Futterverwertung

Den folgenden Ausführungen über die Endergebnisse liegen die Daten der Tabelle 45 zugrunde.

Als Abfallprodukte waren Proteinhydrolysat und Panseninhalt zur Casein-Gelatine-Basis eingesetzt worden.

Im 2 Wochenvergleich wurde bei allen Rationen mit Abfallproduktzusatz bessere Resultate als mit der Kontrollration (LMZ: 10,9 g, α : 1.04; FVW: 650 g LMZ/kg Futter) erzielt, wobei für die Gruppe (5) mit einem Futterzusatz von 10 % Proteinhydrolysat (LMZ: 18.2 g; α :1.68; FVW: 974 g LMZ/kg) die jeweils höchsten Werte ermittelt wurden.

Auch die 4 Wochen- und 6 Wochenresultate zeigten dieselbe Tendenz. Ration (5) übertraf auch hier immer die Werte der anderen Rationen.

Schließlich konnten die Ergebnisse nach 8 Wochen den Verlauf der ermittelten kumulativen Teilergebnisse bekräftigen: sämtliche Ergebnisse der Rationen mit den Abfallprodukten lagen sichtlich über denen der Kontrollgruppe (Abb. 15).

Während die mit 10 g/90 g Basalration zusätzlichem Proteinhydrolysat gefütterten Fische die besten Endergebnisse erzielten, erwies sich jedoch die Ration (4) mit 5 g Proteinhydrolysatzusatz den Ergebnissen der beiden Rationen mit Panseninhaltszusatz als unterlegen.

Zwischen 10 und 20 g Panseninhalt-Zusatz bestand kaum ein Unterschied, wohl dagegen zwischen 5 und 10 g Zusatz von Proteinhydrolysat.

Tab. 45: VERSUCH II A (CASEIN-GELATINE-BASIS)

8 WOCHENERGEBNISSE (ENDERGEBNISSE)

LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ UND α)

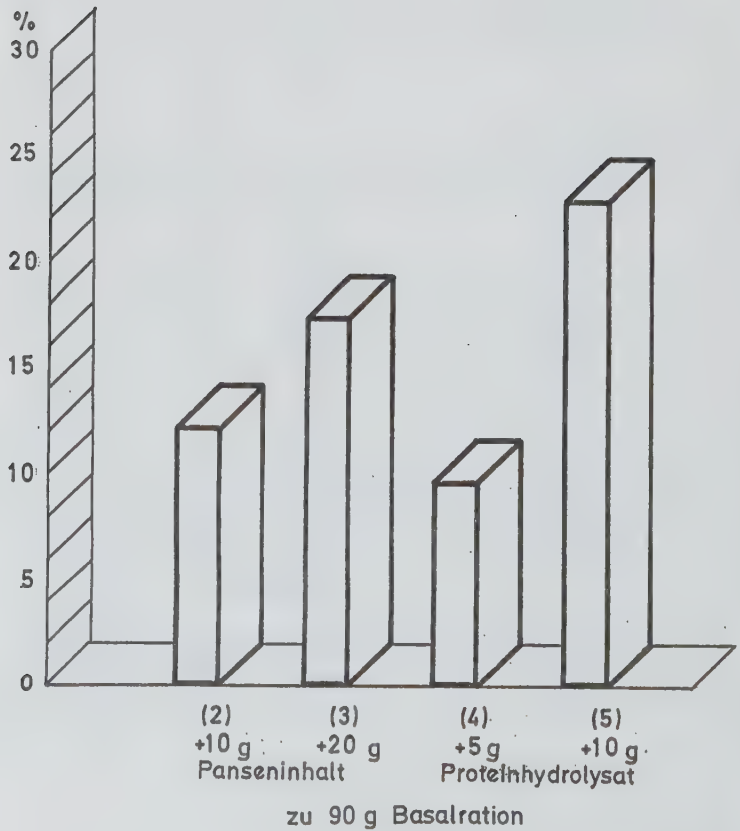
FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG (LMZ g/kg)

5 Fische/Becken - 4 Wiederholungen

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Casein	25.64	25.64	25.64	25.64	25.64
Gelatine	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63
Panseninhalt	---	10.00	20.00	---	---
Proteinhydrolysat	---	---	---	5.00	10.00
RP gesamt (g) pro	30.00 90g	31.29 100g	32.59 110g	34.60 95g	39.20 100g
LM (g) VB + s	74.5 0.9	74.6 1.6	74.1 0.9	74.4 1.6	74.9 1.1
LM (g) VE + s	109.1 9.5	118.6 7.3	121.0 13.2	116.4 2.8	127.0 2.7
relativ	(100)	(109)	(111)	(107)	(116)
LMZ (g) + s	34.9 10.8	44.0 7.5	47.6 13.6	42.0 1.7	52.2 1.8
relativ	(100)	(126)	(136)	(120)	(150)
LMZ (%)	46.8	59.0	64.2	56.5	69.7
α + s	0.69 0.18	0.85 0.12	0.89 0.18	0.82 0.02	0.97 0.02
relativ	(100)	(123)	(129)	(119)	(141)
FVZ (g) + s	74.4 1.9	83.2 2.7	88.5 4.9	79.7 1.0	86.1 1.3
relativ	(100)	(112)	(119)	(107)	(116)
FVW (g/kg) + s	462 127	528 81	532 125	525 14	604 14
relativ	(100)	(114)	(115)	(114)	(131)

Abb.:15 Versuch II A Zulageversuch

Relative LMZ bei Versuchsende im Vergleich zur
Kontrollgruppe (=0)
Rationsprotein: Casein + Gelatine



Über die spezifischen Wachstumsraten während der einzelnen Versuchsabschnitte unterrichtet Tabelle 46.

Tab. 46: VERSUCH II A (CASEIN-GELATINE-BASIS)

SPEZIFISCHE WACHSTUMSRATE

WÄHREND DER EINZELNEN VERSUCHSABSCHNITTE

5 Fische/Becken - 4 Wiederholungen

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Labcasein	25.64	25.64	25.64	25.64	25.64
Gelatine	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63
Panseninhalt	---	10.00	20.00	---	---
Proteinhydrolysat	---	---	---	5.00	10.00
RP gesamt pro	30.00 90g	31.29 100g	32.59 110g	34.60 95g	39.20 100g
1. + 2. Woche + s relativ	1.04 0.55 (100)	1.22 0.24 (117)	1.32 0.38 (126)	1.20 0.31 (115)	1.68 0.11 (161)
3. + 4. Woche + s relativ	0.81 0.26 (100)	0.87 0.12 (107)	0.76 0.37 (94)	0.93 0.18 (115)	0.94 0.10 (116)
5. + 6. Woche + s relativ	0.76 0.36 (100)	0.74 0.14 (97)	0.70 0.19 (92)	0.76 0.18 (100)	0.79 0.03 (104)
7. + 8. Woche + s relativ	0.66 0.08 (100)	0.74 0.18 (112)	0.97 0.19 (147)	0.56 0.26 (85)	0.68 0.05 (103)

Das Wachstum der Fische verlangsamte sich kontinuierlich bei Fütterung aller Rationen mit Ausnahme von Ration (3) mit 20 g Panseninhaltszusatz, bei welcher sich ein relativ starker Anstieg des täglichen Wachstums in den letzten beiden Wochen einstellte.

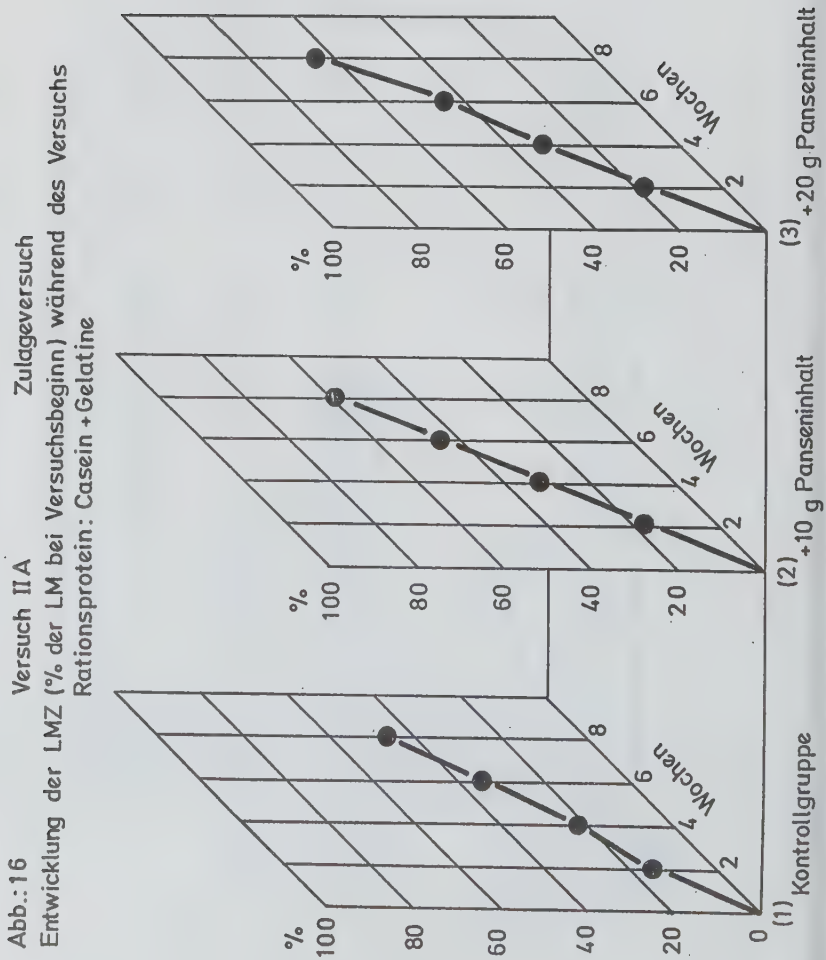
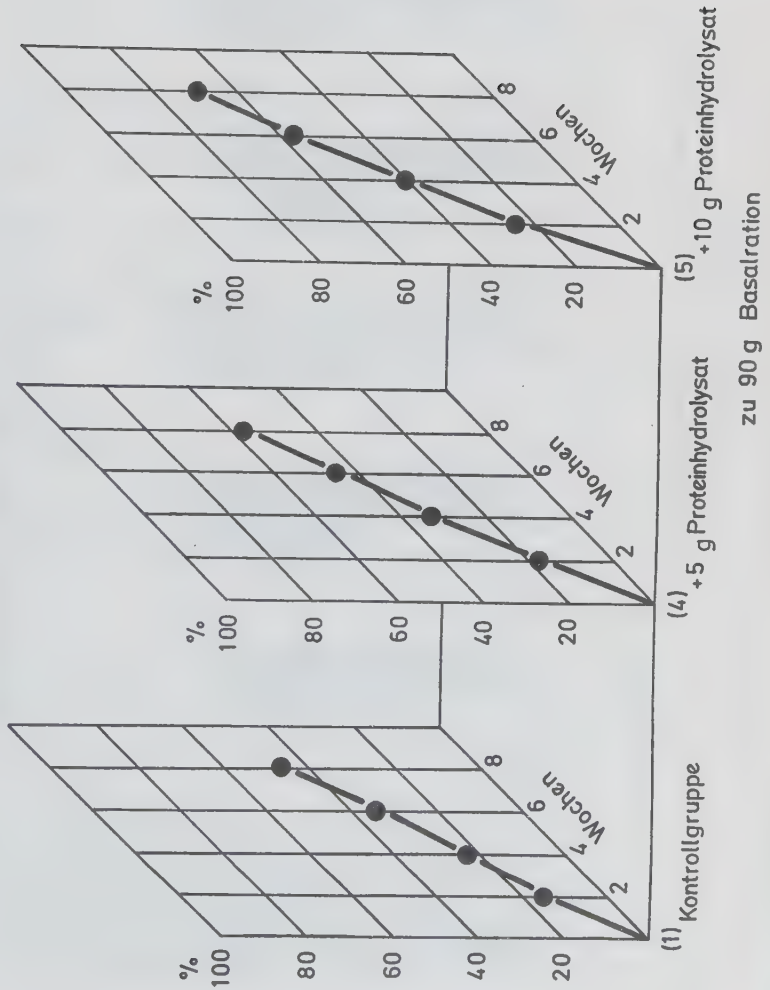


Abb.: 17 Versuch II A Zulageversuch
Entwicklung der LMZ (% der LM bei Versuchsbeginn) während des Versuchs
Rationsprotein: Casein + Gelatine



Zwar zeigen die Abbildungen 16 und 17 eine stetige Steigerung der prozentualen Lebendmassezunahmen, die aber den Abnahmen der prozentualen Wachstumsraten während des Versuchs entsprechen, da nur eine exponentielle Lebendmassezunahme eine konstante tägliche Wachstumsrate ergibt. Abbildung 18 verdeutlicht eine Diskrepanz zwischen Futterverzehr (g) und Lebendmassezunahme (g) die sich in einer schlechteren Futterverwertung gegenüber Teil A des Versuchs I mit Federmehl und Blutmehl als Zulage zu einer Casein-Basis ausdrückt.

Einschränkend ist aber darauf hinzuweisen, daß es sich hier um wesentlich größere Fische handelte und somit ohnehin niedrigere Futterverwertungsdaten hatten erwartet werden müssen.

Für die prozentuale Lebendmassezunahme im Vergleich zur Kontrollgruppe (= 0) ist der Abbildung 15 zu entnehmen, daß die Staffelung der Abfallproduktzulagen bei den Panseninhalt-Rationen weniger stark als bei den Proteinhydrolysat-Rationen in Erscheinung tritt.

3.5.1.2.1.2 Tierkörperanalysen, Protein- und Energieansatz

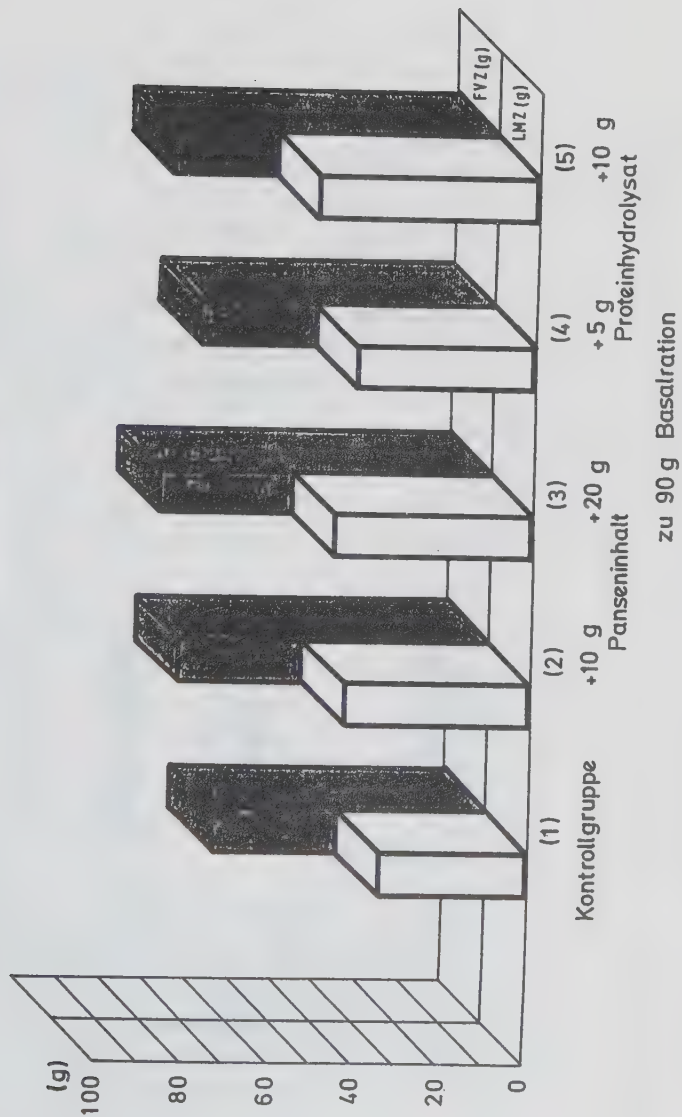
Die ermittelten Werte der Tierkörperanalysen sind der Tabelle 47 zu entnehmen und werden in Abbildung 19 im Vergleich zur Kontrollgruppe dargestellt.

Die zu Versuchsbeginn entnommenen Probenfische wiesen mit 23.8 % Trockensubstanz und 60.6 % Rohprotein der Trockensubstanz die jeweils niedrigsten bzw. höchsten Konzentrationen auf.

Nach Versuchsende war festzustellen, daß sich die T-Werte der Gruppen (2), (4) und (5) nicht voneinander unterschieden und mit ca. 26.5 % etwas niedriger als jene der Kontrollgruppe mit 27.2 % lagen. Der Wert der Gruppe (3) mit 25.9 % T war allerdings noch etwas niedriger ausgefallen.

Abb.:18

Versuch II A
Zulageversuch
Lebendmassezunahme und Futterverzehr (g Fisch in 8 Wochen)
Rationsprotein : Casein + Gelatine



Tab. 47: VERSUCH II A (CASEIN-GELATINE-BASIS)
KÖRPERZUSAMMENSETZUNG DER PROBENFISCHE

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(VB)
Labcasein	25.64	25.64	25.64	25.64	25.64	
Gelatine	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63	
Panseninhalt	---	10.00	20.00	---	---	
Proteinhydrolysat	---	---	---	5.00	10.00	
RP gesamt (g) pro	30.00 90g	31.29 100g	32.59 110g	34.60 95g	39.20 100g	
Fischzahl (n)	10	10	10	10	10	20
LM (g)	107.1	117.5	118.9	115.8	127.2	74.6
+ s	8.2	6.5	11.6	3.1	2.6	5.1
relativ	(100)	(110)	(111)	(108)	(119)	
T (%)	27.2	26.6	25.9	26.6	26.4	23.8
+ s	0.4	0.5	0.5	0.5	0.9	1.9
relativ	(100)	(98)	(95)	(98)	(97)	
RP (% d. T)	55.9	52.6	55.7	54.0	55.4	60.6
+ s	1.7	1.6	2.4	3.2	1.5	4.3
relativ	(100)	(94)	(100)	(97)	(99)	
Energie (KJ/g T)	26.4	26.3	26.1	26.2	25.9	24.9
+ s	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.4
relativ	(100)	(100)	(99)	(99)	(98)	
Rohasche (% d. T)	9.0	8.6	9.3	8.7	9.1	10.2
+ s	0.1	0.3	0.2	0.1	0.9	0.2
relativ	(100)	(96)	(103)	(97)	(101)	

Der RP-Gehalt im Tierkörper der Gruppen (3) mit 55.7 % (4) mit 54.0 %, (5) mit 55.4 % lag mit dem der Kontrollgruppe von 55.9 % dicht beisammen. Er hat gegenüber Versuchsbeginn abgenommen. Eine noch stärkere Abnahme war bei Gruppe (2) mit 52.6 % RP zu verzeichnen. Auch die Werte der Bruttoenergie

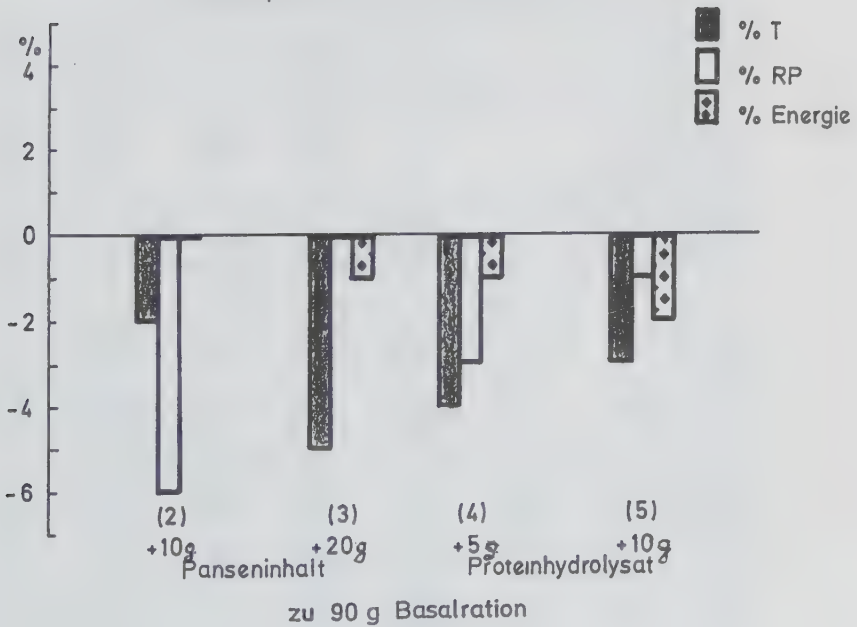
Abb.:19

Versuch II A

Zulageversuch

Prozentuelle Änderung der Körperzusammensetzung (T, RP, Energie)
im Vergleich zur Kontrollgruppe (=0)

Rationsprotein : Casein + Gelatine



der mit allen Rationen gefütterten Fischen zeigten untereinander eine große Übereinstimmung, sie bewegten sich zwischen 25.9 und 26.4 KJ/g T. Sie lagen über dem Wert zu Versuchsbeginn, was wahrscheinlich mit dem niedrigeren Rohproteingehalt und einer möglicherweise höheren Fettkonzentration zusammenhängt.

Der Ansatz der Forellen an Rohprotein und Energie wurde aufgrund der analysierten Körperzusammensetzung der Probenfische zu Versuchsbeginn und -ende berechnet (Tabelle 48).

Tab. 48: VERSUCH II A (CASEIN-GELATINE-BASIS)
**RP-ANSATZ, PRODUKTIVER PROTEINWERT (PPW),
ENERGIEANSATZ UND BRUTTOENERGIEVERWERTUNG (K_{tot})**

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Labcasein	25.64	25.64	25.64	25.64	25.64
Gelatine	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63
Panseninhalt	---	10.00	20.00	---	---
Proteinhydrolysat	---	---	---	5.00	10.00
RP-gesamt (g) pro	30.00 90g	31.29 100g	32.59 110g	34.60 95g	39.20 100g
RP-Ansatz (g/Fisch) relativ	5.86 (100)	5.85 (100)	6.79 (116)	6.01 (103)	7.79 (133)
PPW relativ	27.1 (100)	22.7 (83)	24.1 (89)	21.8 (80)	23.4 (86)
Energieansatz (KJ/Fisch) relativ	341.9 (100)	387.6 (113)	378.8 (111)	370.3 (108)	424.5 (124)
K_{tot} relativ	22.6 (100)	23.2 (103)	21.3 (94)	23.1 (102)	24.5 (108)

Mit Ration (1) konnte der beste produktive Proteinwert (27.1) erreicht werden, während mit der Ration (5), Ration (2) und Ration (3) in etwa gleiche bzw. niedrigere Ergebnisse erzielt wurden. Der deutlich niedrigste PPW wurde bei der Fütterung mit 5 g Proteinhydrolysatzusatz (Ration 4) ermittelt.

Im Bezug auf K_{tot} schnitten Gruppe (2) mit 23.2 %, Gruppe (4) mit 23 % und Gruppe (5) mit 24.5 % besser ab als die Kontrollgruppe mit 22.6 %. Die Gruppe (3) der mit 20 % Panseninhalts-Zulage gefütterten Fische hatte dagegen mit einem K_{tot} -Wert von 21.3 % den niedrigsten Gesamtwirkungsgrad.

3.5.1.2.1.3 Verdaubarkeit

Die Endergebnisse sind in der Tabelle 49 aufgeführt. Der Verlauf des Verdauungskoeffizienten in Abhängigkeit von der Zeit ist in Abb. 20 wiedergegeben. Die T-Verdaubarkeit lag - mit Ausnahme der 20 g Panseninhalts-Gruppe - bei ca. 70 %. 20 g Panseninhalts bewirkten offensichtlich eine Depression der T-Verdaubarkeit, aber auch des Rohproteins der Ration.

Tab 49: VERSUCH II TEIL (A) (CASEIN-GELATINE-BASIS)
SCHEINBARE VERDAUBARKEIT NACH 7 VERSUCHSWOCHEN
TROCKENSUBSTANZ (T) UND ROHPROTEIN (RP)

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Labcasein	25.64	25.64	25.64	25.64	25.64
Gelatine	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63
Panseninhalts	---	10.00	20.00	---	---
Proteinhydrolysat	---	---	---	5.00	10.00
RP-gesamt (g)	30.00	31.29	32.59	34.60	39.20
pro	90g	100g	110g	95g	100g
T	71.4	67.2	59.2	71.9	72.5
RP	89.0	86.1	84.9	88.5	87.3
PPW _{verd.} RP	30.4	26.6	28.4	24.6	26.8

Abb.: 20

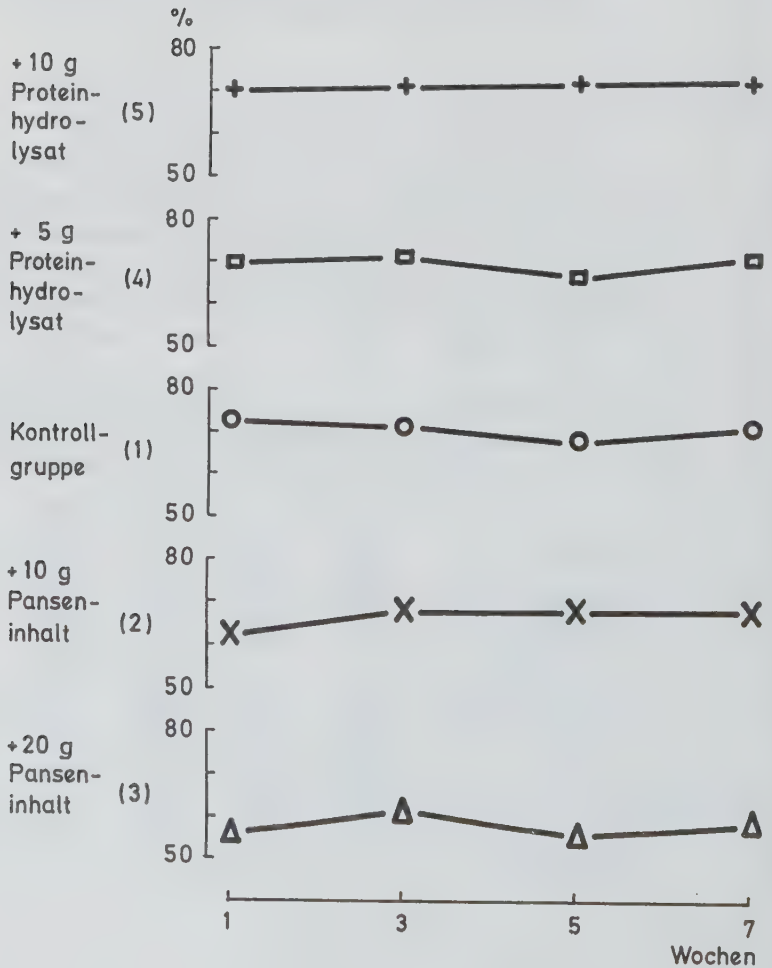
Versuch II A

Zulageversuch

T -Verdaulichkeit (%) während des Versuchsverlaufs

Rationsprotein : Casein + Gelatine

Zulage zu jeweils 90 g Basalration



3.5.1.2.2 Teil B (FPC-Basis)

3.5.1.2.2.1 Gewichtsentwicklung und Futterverwertung

Bei der 1. Zwischenwiegung schnitt die Gruppe (10) mit 10 g Proteinhydrolysat-Zusatz besser als alle anderen Gruppen ab (LMZ: 18.1 g; α : 1.69; FVW: 981 g LMZ/kg Futter).

Die Werte der Kontrollgruppe (6) (LMZ: 15.8 g; α : 1.49; FVW: 945 g LMZ/kg Futter) lagen zwar etwas über den Werten von Gruppe (7) und (8) mit 10 bzw. 20 g Panseninhalt-Zusatz, erreichten aber nicht die Werte der Rationen (9) und (10) mit Proteinhydrolysat als Zusatz.

Nach 4 Wochen waren die Werte der Gruppen (10) und (9) wiederum höher als jene der Gruppen (7) und (8) sowie der Kontrollgruppe (6), jedoch mit Ausnahme der FVW, welche bei der Kontrollgruppe den höchsten Wert erreichte. Die Gruppen (7) und (8) hingegen waren der Kontrollgruppe (6) mit LMZ: 33.5 g; α : 1.39; FVW 902 g LMZ/kg Futter zum Teil deutlich unterlegen.

Das gleiche Bild zeigte sich nach 6 Wochen ebenso wie zum großen Teil auch nach 8 Wochen Versuchsdauer (Tabelle 50).

Im Vergleich der kumulativen Endergebnisse lagen die LMZ- und Werte der Gruppe (10) mit 72.4 g LMZ und α = 1.25 % geringfügig über den Werten von Gruppe (9) mit 71.2 g LMZ und α = 1.22 sowie der Kontrollgruppe (LMZ: 69.8 g; α : 1.21). Gruppe (7) mit 63.1 g LMZ und α = 1.12 sowie Gruppe (8) mit 54.0 g LMZ und α = 0.99 wiesen dagegen niedrigere Werte auf als die Kontrollgruppe (6). In Bezug auf die Futterverwertung schnitt die Kontrollgruppe (6) (816 g LMZ/kg Futter) auch hier besser ab als alle anderen Gruppen.

Tab. 50: VERSUCH II B (FPC-BASIS)
8 WOCHENERGEBNISSE (ENDERGEBNISSE)
 LEBENDMASSE (LMZ, WACHSTUMS (LMZ UND α),
 FUTTERVERZEHR (FVZ) UND FUTTERVERWERTUNG
 (LMZ (g)/FVZ (kg))

5 Fische/Becken - 4 Wiederholungen

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC	37.64	37.64	37.64	37.64	37.64
Panseninhalt	---	10.00	20.00	---	---
Proteinhydrolysat	---	---	---	5.00	10.00
RP gesamt (g)	30.00	31.29	32.59	34.60	39.20
pro	90g	100g	110g	95g	100g
LM (g) VB	74.3	74.6	74.3	74.1	74.4
+ s	1.1	1.7	1.2	1.0	1.3
LM (g) VE	144.0	137.7	128.3	145.4	146.8
+ s	3.0	5.0	11.6	2.6	5.2
$\bar{r}$ relativ	(100)	(96)	(89)	(101)	(102)
LMZ (g)	69.8	63.1	54.0	71.2	72.4
+ s	3.2	4.4	11.9	2.4	6.6
$\bar{r}$ relativ	(100)	(90)	(77)	(102)	(104)
LMZ (%)	93.9	84.6	72.7	95.8	97.3
α	1.21	1.12	0.99	1.22	1.25
+ s	0.05	0.06	0.17	0.03	0.10
$\bar{r}$ relativ	(100)	(93)	(82)	(101)	(103)
FVZ (g)	85.5	93.8	98.3	91.2	95.6
+ s	2.4	2.0	3.9	2.7	1.6
$\bar{r}$ relativ	(100)	(110)	(115)	(107)	(112)
FVW (g/kg)	816	673	546	782	757
+ s	34	36	104	28	62
$\bar{r}$ relativ	(100)	(82)	(67)	(96)	(93)

Über die spezifische Wachstumsraten in den einzelnen Versuchsabschnitten unterrichtet Tabelle 51.

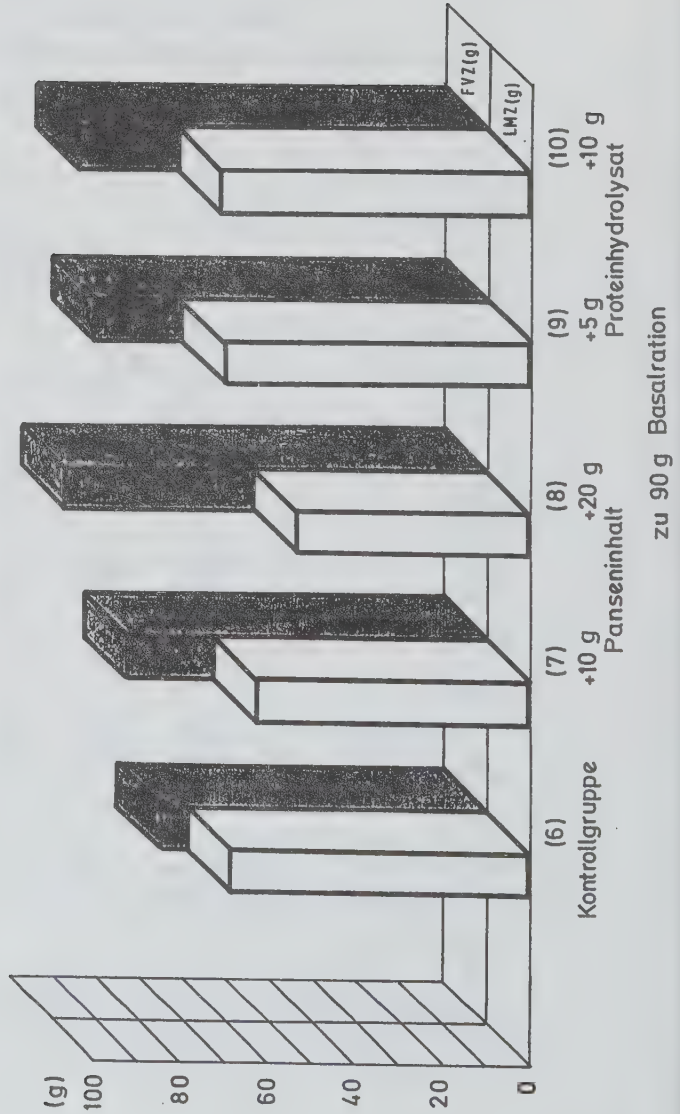
Tab. 51: VERSUCH II B (FPC-BASIS)
 SPEZIFISCHE WACHSTUMSRATE
 WÄHREND DER EINZELNEN VERSUCHSABSCHNITTE
 5 Fische/Becken - 4 Wiederholungen

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC	37.64	37.64	37.64	37.64	37.64
Panseninhalt	---	10.00	20.00	---	---
Proteinhydrolysat	---	---	---	5.00	10.00
RP gesamt (g)	30.00	31.29	32.59	34.60	39.20
pro	90g	100g	110g	95g	100g
1. + 2. Woche	1.49	1.42	1.21	1.60	1.69
+ s	0.14	0.18	0.39	0.21	0.18
relativ	(100)	(95)	(81)	(107)	(113)
3. + 4. Woche	1.38	1.22	1.17	1.34	1.27
+ s	0.06	0.11	0.23	0.23	0.32
relativ	(100)	(88)	(84)	(97)	(92)
5. + 6. Woche	1.02	1.05	0.82	1.00	1.03
+ s	0.06	0.06	0.09	0.40	0.22
relativ	(100)	(103)	(80)	(98)	(101)
7. + 8. Woche	1.23	0.80	1.00	1.27	1.26
+ s	0.08	0.49	0.13	0.11	0.24
relativ	(100)	(65)	(81)	(103)	(102)

Die Abbildung 21 veranschaulicht den Vergleich zwischen FVZ (g) und LMZ (g) bei Versuchsende und verdeutlicht die erheblich bessere FVW der Kontrollgruppe (6).

Die einerseits deutlich geringere prozentuale LMZ der Rationen mit Panseninhalt sowie andererseits eine kleine Erhöhung bei den Rationen mit Proteinhydrolysat gegenüber der Kon-

Abb.: 21 Versuch IIB Zulageversuch
 Lebendmassezunahme und Futterverzehr (g Fisch in 8 Wochen)
 Rationsprotein: FPC



trollgruppe (= 0) ist aus dem Histogramm (Abbildung 22) gut zu ersehen. Abbildungen 23 und 24 stellen die prozentuale LMZ nach 2, 4, 6 und 8 Wochen in anschaulicher Weise dar.

3.5.1.2.2.2 Tierkörperanalysen, Protein- und Energieansatz

Auch hier wiesen die Probenfische, die zu Beginn des Versuchs entnommen worden waren, mit 23.8 % Trockensubstanz die niedrigsten und mit 60.6 % Rohprotein der Trockensubstanz die jeweils höchsten Gehaltswerte auf (Tabelle 52).

Die Trockensubstanzwerte aller Fischgruppen bei Versuchsende unterschieden sich nur wenig und lagen im Bereich zwischen 27.8 und 28.8 %.

Für die prozentualen Anteile des RP an der T ist zu ersehen, daß Gruppe (8) mit RP 52.7 % besser als die anderen Gruppen und die Kontrollgruppe abschnitt (Abb. 25).

Die mit den Rationen (7), (9) und (10) gefütterten Fische zeigten indes große Übereinstimmung untereinander, wobei der Rohproteingehalt zwischen 48.0 und 49.4 % schwankte und nur unwesentlich unter dem der Kontrollgruppe (50.6 %) lag.

Der höchste Energiegehalt im Fischkörper wurde in der Gruppe mit 10 % Panseninhalt gemessen. Die Werte aller anderen Gruppen lagen sehr nahe beieinander (26,7-27,6 KJ/g T).

Über die errechneten Werte des Rohproteins- und Energieansatzes sowie PPW (%) und K_{tot} informiert Tabelle 53. Aus ihr ist zu ersehen, daß die Kontrollgruppe mit einem PPW von 35.4 % den höchsten Betrag erreichte, gefolgt von Gruppe (7), (9) mit 28.3 % und (8) mit 25.9 %, deren Werte eng beieinander lagen. Gruppe (10) mit einem PPW von 23.7 % schnitt am schlechtesten ab.

Abb.:22

Versuch II B

Zulageversuch

Relative LMZ bei Versuchsende im Vergleich zur
Kontrollgruppe (= 0)
Rationsprotein: FPC

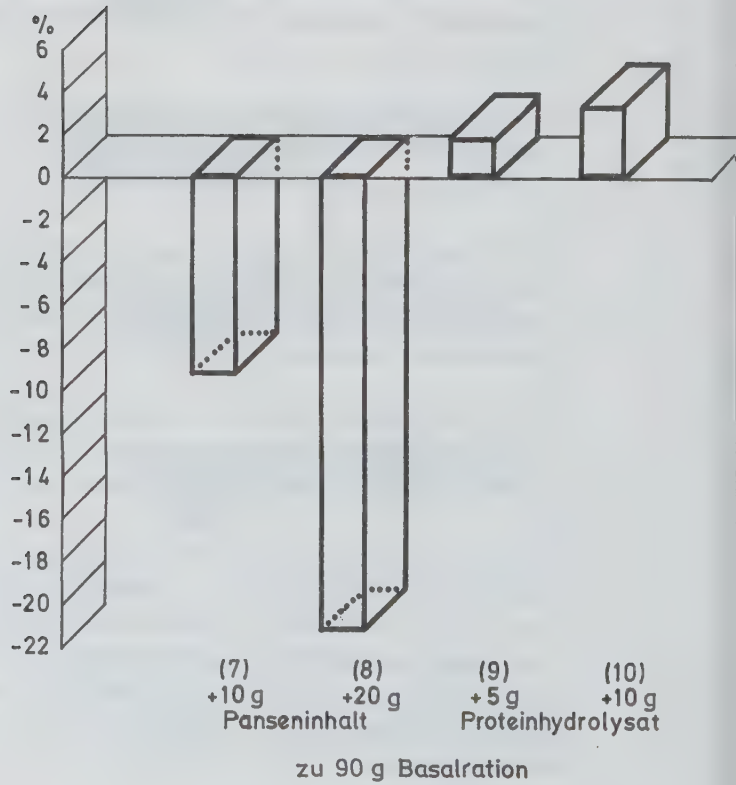


Abb.: 23

Versuch IIB

Zulageversuch

Entwicklung der LMZ (% der LM bei Versuchsbeginn) während des Versuchs
Rationsprotein : FPC

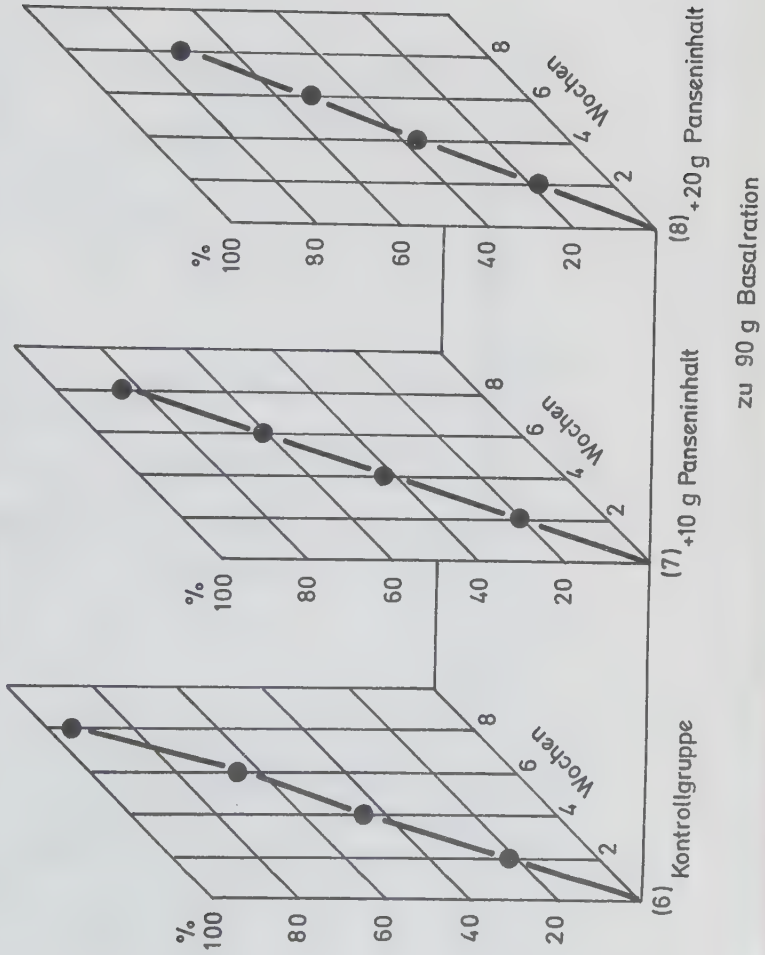
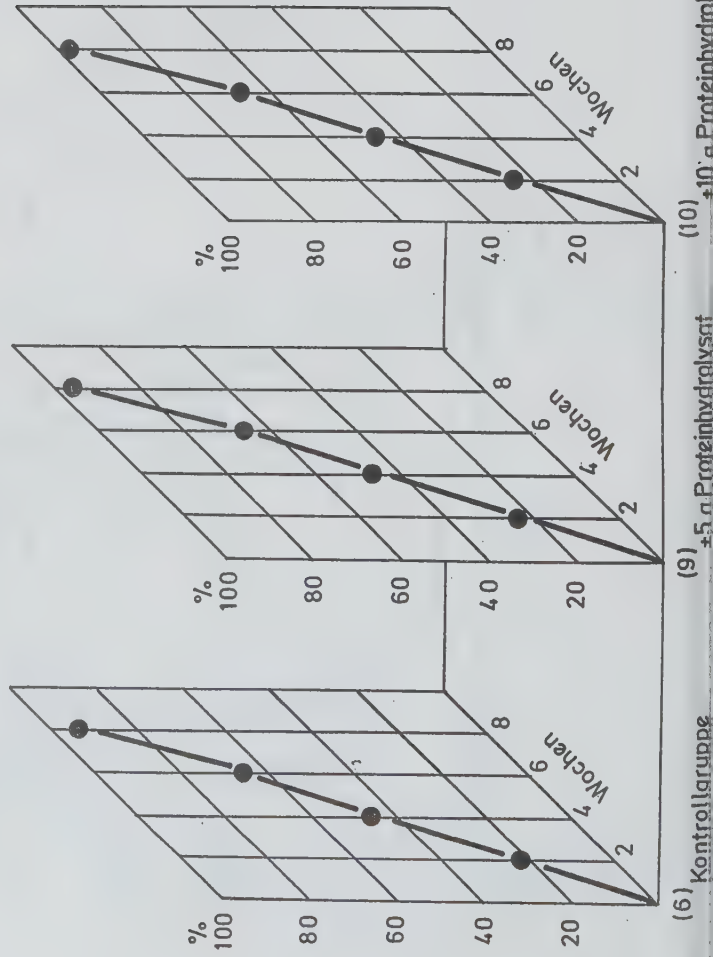


Abb.:24 Versuch II B Zulageversuch
Entwicklung der LMZ (% der LM bei Versuchsbeginn) während des Versuchs
Rationsprotein : FPC

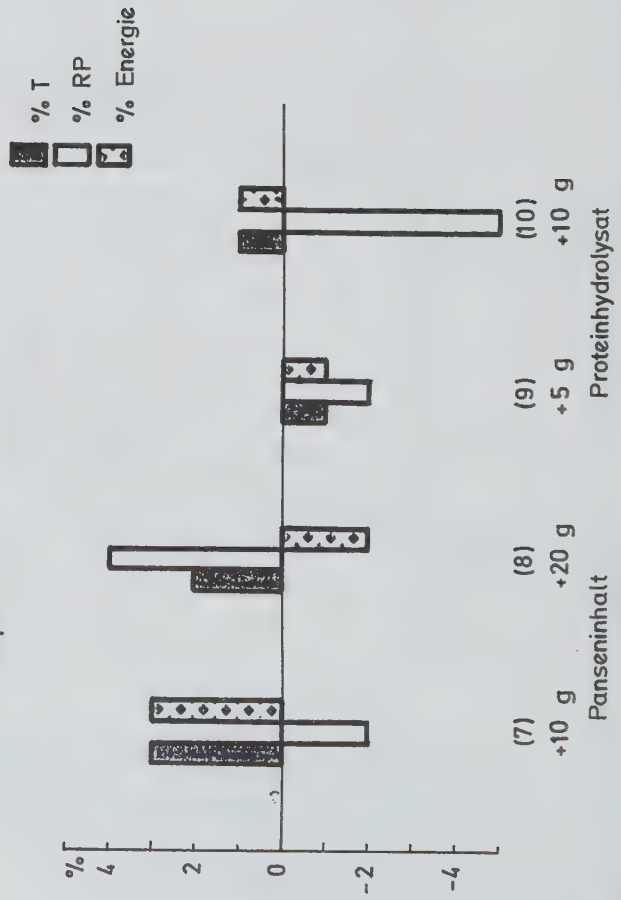


Tab. 52: VERSUCH II B (FPC-BASIS)
KÖRPERZUSAMMENSETZUNG DER PROBENFISCHE

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(VB)
FPC	37.64	37.64	37.64	37.64	37.64	
Panseninhalt	---	10.00	20.00	---	---	
Proteinhydrolysat	---	---	---	5.00	10.00	
RP gesamt (g)	30.00	31.29	32.59	34.60	39.20	
pro	90g	100g	110g	95g	100g	
Fischzahl (n)	10	10	10	10	10	20
LM (g)	143.6	136.9	127.5	145.4	146.8	74.6
+ s	2.8	4.6	11.0	1.7	5.4	5.1
relativ	(100)	(95)	(89)	(101)	(102)	
T (%)	28.0	28.8	28.6	27.8	28.2	23.8
+ s	1.2	1.0	0.9	0.7	1.3	1.9
relativ	(100)	(103)	(102)	(99)	(101)	
RP (% d. T)	50.6	49.4	52.7	49.5	48.0	60.6
+ s	2.4	2.7	1.9	4.6	3.9	4.3
relativ	(100)	(98)	(104)	(98)	(95)	
Energie (KJ/g T)	27.3	28.1	26.7	27.0	27.6	24.9
+ s	1.1	0.4	0.4	0.4	0.6	0.4
relativ	(100)	(103)	(98)	(99)	(101)	
Rohasche (%)	8.1	8.6	8.1	8.4	8.2	10.2
+ s	1.2	1.6	0.7	0.7	1.1	0.2
relativ	(100)	(106)	(100)	(104)	(101)	

Auch die Bruttoenergieverwertung (K_{tot}) der Kontrollgruppe war mit 36.8 % besser als die anderen Gruppen, wobei die Werte der Gruppen (7), (9) und (10) ca. 34.5 % ausmachten und sich für Gruppe (8) mit 26.5 % mit die geringste Bruttoenergieverwertung ermitteln ließ.

Abb.:25 Versuch II B Zulageversuch
Prozentuelle Änderung der Körperzusammensetzung (T, RP, Energie)
im Vergleich zur Kontrollgruppe (=0)
Rationsprotein: FPC



Tab. 53: VERSUCH II B (FPC-BASIS)
 RP-ANSATZ, PRODUKTIVER PROTEINWERT (PPW)
 ENERGIEANSATZ UND BRUTTOENERGIEVERWERTUNG (K_{tot})

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC	37.64	37.64	37.64	37.64	37.64
Panseninhalt	---	10.00	20.00	---	---
Proteinhydrolysat	---	---	---	5.00	10.00
RP gesamt (g)	30.00	31.29	32.59	34.60	39.20
pro	90g	100g	110g	95g	100g
RP-Ansatz (g/Fisch)	9.70	8.85	8.64	9.34	9.16
relativ	(100)	(91)	(89)	(96)	(94)
PPW	35.4	28.3	25.9	28.3	23.7
relativ	(100)	(80)	(73)	(80)	(67)
Energieansatz (KJ/Fisch)	660.4	672.3	539.4	652.3	701.7
relativ	(100)	(102)	(82)	(99)	(106)
K_{tot} relativ	36.8	34.4	26.5	34.4	35.1
	(100)	(93)	(72)	(93)	(95)

3.5.1.2.2.3 Verdaubarkeit

Die folgende Beschreibung der Verdaubarkeiten im Verlauf der Versuchsdauer erfolgt anhand der Abb. 26.

Nach einer Woche lag die scheinbare Verdaulichkeit der Trockenmasse der Kontrollration (6) bei 82.1 % und der Proteinhydrolysat-Ration (10) bei 82.0 %.

Nur wenig geringer war die Verdaulichkeit von Ration (9) mit 80.3 %, während die Rationen mit Panseninhalt (R (7) und (8)) deutlich niedrigere Werte mit 75.8 % und 63.9 % und zudem

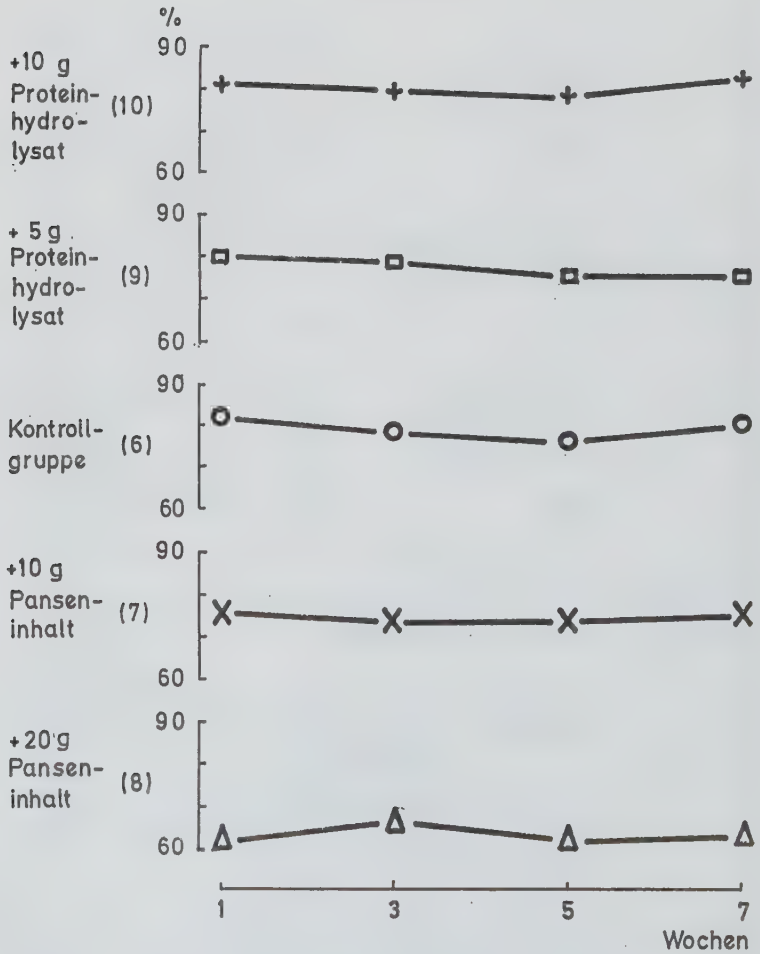
Abb.:26

Versuch IIB

Zulageversuch

T -Verdaulichkeit (%) während des Versuchsverlaufs
Rationsprotein: FPC

Zulage zu jeweils 90 g Basalration



eine negative Korrelation zu der gestaffelten Zulage aufwiesen.

Die scheinbare Verdaubarkeit des Rohproteins zeigt ähnliche Verhältnisse. Auch hier war die Rohproteinverdaulichkeit der Rationen mit Proteinhydrolysat besser als jene mit Panseninhalt als Zulage.

Die 3 Wochenergebnisse ergaben für die Rationen (9), (10) und die Kontrollration eine nahezugleiche scheinbare Verdaubarkeit der Trockenmasse von ca. 79 %, während jene der Rationen (7) mit 74.3 %, (8) mit 66.9 % und (9) mit 78.9 % wiederum geringer ausfiel.

Nach 5 Wochen wurde dieselbe Tendenz vorgefunden: Die scheinbare Verdaulichkeit der T der Ration (10) mit 78.4 lag über den Rationen (6), (7), (8) und (9), allerdings niedriger als nach 3 Wochen. Die scheinbare Verdaubarkeit des Rohproteins läßt nunmehr eine fallende Tendenz erkennen. Die Rationen (7), (9) und (10) erreichten nur noch Werte knapp unter 90 %, dem Wert der Kontrollration.

Nach 7 Wochen (Tabelle 54) war wieder ein Anstieg der scheinbaren Verdaubarkeit der T zu erkennen. Ration (10) mit 82.0 % erreichte nun einen besseren Wert als die Kontrollration (6) mit 80.1 %. Ration (7) mit 75.5 % und Ration (9) mit 75.4 % wurden etwas schlechter verdaut. Ration (8) hingegen zeigte nach wie vor die geringste Verdaulichkeit.

Der PPW des verdaulichen Rohproteins der Kontrollgruppe (6) mit 38.8 war besser als jener der Gruppe (7) mit 31.9, (8) mit 31.3 und (9) mit 32.2 sowie um ca. 1/3 besser als jener der Gruppe (10) mit 26.1.

Tab. 54: VERSUCH II TEIL B (FPC-BASIS)
 SCHEINBARE VERDAUBARKEIT
 NACH 7 VERSUCHSWOCHEN
 TROCKENSUBSTANZ (T) UND ROHPROTEIN (RP)

Code-Nr.:	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
FPC	37.64	37.64	37.64	37.64	37.64
Panseninhalt	---	10.00	20.00	---	---
Proteinhydrolysat	---	---	---	5.00	10.00
RP gesamt (g)	30.00	31.29	32.59	34.60	39.20
pro	90g	100g	110g	95g	100g
T	80.1	75.5	64.7	75.4	82.0
RP	91.2	88.7	82.8	88.0	90.9
PPW _{verd.} RP	38.8	31.9	31.3	32.2	26.1

3.5.2 **Austauschversuch**

3.5.2.1 **Wachstumsversuch**

3.5.2.1.1 **Gewichtsentwicklung und Futterverwertung**

Die Lebendmassezunahmen aller Fischgruppen lagen bei der 1. Zwischenwiegung nach 2 Wochen zwischen 1.9 und 2.1 g und die Futterverwertungszahlen zwischen 974 und 1125 g LMZ/kg Futter. Angesichts der geringen Unterschiede läßt sich noch keine Reihung der Werte vornehmen.

Hinzuweisen ist jedoch auf die relativ geringe LMZ der Gruppe (8) mit Ersatz des Fischproteinkonzentrats durch 20 % Panseninhalt (LMZ 1.7 g; α : 1.67; FVW: 934 g LMZ/kg Futter).

Auch nach 4 Wochen gab es noch keine deutlichen Unterschiede zwischen den Rationsgruppen, allerdings wieder mit der Einschränkung in Bezug auf Ration (8) und zusätzlich Ration (15). Die Lebendmassezunahmen lagen bei allen Gruppen zwischen 4.3 und 4.8 g und die FVW aller Gruppen zwischen 994 und 1109 g LMZ/kg Futter.

Nach 6 Wochen waren etwas bessere Zunahmen und Futterverwertungsdaten in Rationen (11) mit 10 % Rationsprotein aus Blutmehl (LMZ: 8.1 g; FVW: 1095 g LMZ/kg Futter) und (13) mit 10 % Rationsprotein aus Proteinhydrolysat, beide im Austausch gegen Danpro (LMZ: 8.0 g; FVW: 1107 g LMZ/kg Futter), zu beobachten. Über die spezifische Wachstumsrate in den einzelnen Versuchsabschnitten informiert Tabelle 55.

Bei Versuchsende (Tab. 56) lagen die Werte von Gruppe (2) mit 10 % Rationsprotein aus Federmehl im Austausch gegen FPC (LMZ: 12.2 g; α : 1.80; FVW: 1054 g LMZ/kg) sowie von Gruppe (11) mit 10 % Rationsprotein aus Blutmehl (LMZ: 12.1 g; α : 1.82; FVW: 1078 g LMZ/kg) und Gruppe (13) mit 10 % Rationsprotein aus Proteinhydrolysat im Austausch gegen Danpro (LMZ: 11.9 g; α : 1.81; FVW: 1055 g LMZ/kg) im Bezug auf Le-

Tab. 55a:

AUSTAUSCHVERSUCH (WACHSTUMSVERSUCH)
SPEZIFISCHE WACHSTUMSRATE α

40 Fische/Becken - 4 Wiederholungen/Gruppe

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
FPC (%)	39.85	34.87	29.89	34.87	29.89	34.87	29.89	36.51
Danpro (%)	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19
Methionin (%)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Federmehl (%)	---	5.11	10.22	---	---	---	---	---
Blutmehl (%)	---	---	---	4.64	9.28	---	---	---
Proteinhydro- lysat (%)	---	---	---	---	---	4.68	9.36	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	---	20
RP gesamt (%)	40	40	40	40	40	40	40	40
1. + 2. Woche + s relativ	1.86 0.05 (100)	1.91 0.12 (103)	1.85 0.11 (99)	1.84 0.10 (99)	1.93 0.14 (104)	1.87 0.07 (101)	1.96 0.06 (105)	1.62 0.11 (90)
3. + 4. Woche + s relativ	1.93 0.06 (100)	2.03 0.12 (105)	1.89 0.12 (98)	1.96 0.05 (102)	1.91 0.11 (99)	2.02 0.06 (105)	1.80 0.18 (93)	1.92 0.11 (91)
5. + 6. Woche + s relativ	1.75 0.07 (100)	1.94 0.09 (111)	1.86 0.12 (106)	1.87 0.08 (107)	1.82 0.10 (104)	1.84 0.07 (105)	1.76 0.04 (101)	1.71 0.14 (91)
7. + 8. Woche + s relativ	1.86 0.09 (100)	1.75 0.08 (94)	1.69 0.04 (91)	1.71 0.09 (92)	1.60 0.10 (86)	1.68 0.07 (90)	1.52 0.05 (82)	1.71 0.01 (91)

Tab. 55b:

AUSTAUSCHVERSUCH (WACHSTUMSVERSUCH)
SPEZIFISCHE WACHSTUMSRATE

40 Fische/Becken - 4 Wiederholungen/Gruppe

Code-Nr.:	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
FPC (%)	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85
Danpro (%)	6.59	---	6.59	---	6.59	---	8.77
Methionin (%)	0.04	---	0.04	---	0.04	---	0.05
Federmehl (%)	5.11	10.22	---	---	---	---	---
Blutmehl (%)	---	---	4.64	9.28	---	---	---
Proteinhydro- lysat (%)	---	---	---	---	4.68	9.36	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	20
RP gesamt (%)	40	40	40	40	40	40	40
1. + 2. Woche + s relativ	1.79 0.12 (96)	1.96 0.23 (105)	1.95 0.13 (105)	1.99 0.16 (107)	1.91 0.05 (103)	1.86 0.05 (100)	1.76 0.09 (95)
3. + 4. Woche + s relativ	2.01 0.18 (104)	1.94 0.19 (101)	1.95 0.11 (101)	1.87 0.14 (97)	1.99 0.05 (103)	1.89 0.05 (98)	1.82 0.09 (94)
5. + 6. Woche + s relativ	1.90 0.18 (109)	1.87 0.04 (107)	1.95 0.11 (111)	1.85 0.06 (106)	1.97 0.09 (113)	1.61 0.15 (92)	1.81 0.09 (103)
7. + 8. Woche + s relativ	1.65 0.07 (89)	1.71 0.11 (92)	1.83 0.12 (98)	1.71 0.08 (92)	1.78 0.09 (96)	1.57 0.10 (84)	1.70 0.14 (91)

Tab. 56a:

VERSUCH III AUSTAUSCH
8 WOCHENERGEBNISSE (ENDERGEBNISSE),
 LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ UND α),
 FUTTERVERZEHR (FVZ UND FUTTER-
 VERWERTUNG (LMZ (G) / FVZ (KG)
40 Fische/Becken - 4 Wiederholungen

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
FPC (%)	39.85	34.87	29.89	34.87	29.89	34.87	29.89	36.5
Danpro (%)	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.1
Methionin (%)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.0
Federmehl (%)	---	5.11	10.22	---	---	---	---	---
Blutmehl (%)	---	---	---	4.64	9.28	---	---	---
Proteinhydro- lysat (%)	---	---	---	---	---	4.68	9.36	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	---	2
RP gesamt (%)	40	40	40	40	40	40	40	4
LM (g) VB	7.1	7.3	7.4	7.2	7.3	7.1	7.2	7.
+ s	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.
LM (g) VE	18.5	19.4	18.8	18.6	18.5	18.4	17.7	17.
+ s	0.1	0.6	0.3	0.4	0.3	0.5	0.5	0.
relativ	(100)	(105)	(102)	(101)	(100)	(99)	(96)	(9
LMZ (g)	11.3	12.2	11.5	11.4	11.3	11.3	10.6	10.
+ s	0.2	0.7	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.
relativ	(100)	(108)	(102)	(101)	(100)	(100)	(94)	(9
LMZ (%)	159.2	167.1	155.4	158.3	154.8	159.2	147.2	147.
α	1.75	1.80	1.72	1.74	1.72	1.75	1.66	1.6
+ s	0.03	0.08	0.03	0.01	0.05	0.04	0.04	0.0
relativ	(100)	(103)	(98)	(99)	(98)	(100)	(95)	(9
FVZ (g)	11.0	11.5	11.4	11.2	11.4	11.0	11.3	11.
+ s	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.
relativ	(100)	(105)	(104)	(102)	(104)	(100)	(103)	(10
FVW (g/kg)	1028	1054	1005	1020	987	1025	938	96
+ s	26	41	23	19	33	26	28	9
relativ	(100)	(103)	(98)	(99)	(96)	(100)	(91)	(9
Verluste (n)	2	5	1	5	6	4	4	

Tab. 56b:

VERSUCH III AUSTAUSCH
8 WOCHENERGEBNISSE (ENDERGEBNISSE),
LEBENDMASSE (LM), WACHSTUM (LMZ UND),
FUTTERVERZEHR (FVZ UND FUTTER-
VERWERTUNG (LMZ (G) / FVZ (KG)
40 Fische/Becken - 4 Wiederholungen

Code-Nr.:	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
FPC (%)	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85
Danpro (%)	6.59	---	6.59	---	6.59	---	8.77
Methionin (%)	0.04	---	0.04	---	0.04	---	0.05
Federmehl (%)	5.11	10.22	---	---	---	---	---
Blutmehl (%)	---	---	4.64	9.28	---	---	---
Proteinhydro- lysat (%)	---	---	---	---	4.68	9.36	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	20
RP gesamt (%)	40	40	40	40	40	40	40
LM (g) VB	7.1	7.1	7.2	7.0	7.1	7.1	7.3
+ s	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1
LM (g) VE	18.4	18.5	19.3	18.3	19.0	17.4	18.0
+ s	0.6	0.3	0.5	0.3	0.3	0.6	0.7
relativ	(99)	(100)	(104)	(99)	(103)	(94)	(97)
LMZ (g)	11.3	11.4	12.1	11.2	11.9	10.3	10.8
+ s	0.8	0.3	0.4	0.3	0.4	0.5	0.6
relativ	(100)	(101)	(107)	(99)	(105)	(91)	(96)
LMZ (%)	159.2	160.6	168.1	160.0	167.6	145.1	147.9
+ s	1.74	1.77	1.82	1.75	1.81	1.64	1.68
relativ	(99)	(101)	(104)	(100)	(103)	(94)	(96)
FVZ (g)	11.0	11.1	11.2	11.4	11.3	11.1	11.3
+ s	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2
relativ	(100)	(101)	(102)	(104)	(103)	(101)	(103)
FVW (g/kg)	1020	1027	1078	989	1055	928	962
+ s	58	24	12	27	30	47	56
relativ	(99)	(100)	(105)	(96)	(103)	(90)	(94)
Verluste (n)	2	3	4	4	3	6	4

bendmassezunahme, spezifischer Wachstumsrate und Futtermittelerwertung um jeweils rund 3 - 8 % über den Werten der Kontrollration (LMZ: 11.3 g; α : 1.75; FVW: 1028 g LMZ/kg).

Innerhalb der Federmehlgruppen (Rationen 2, 3, 9, 10) erreichten Ration (2) mit 10 % Rationsprotein aus Federmehl im Austausch gegen FPC, Ration (10) mit 20 % Rationsprotein aus Federmehl im Austausch gegen Danpro bessere Ergebnisse als die Rationen (3) mit 20 % Rationsprotein aus Federmehl im Austausch gegen FPC und (9) mit 10 % Rationsrohprotein aus Federmehl im Austausch gegen Danpro. Im Vergleich zur Kontrollgruppe waren jedoch nur die Werte der Rationen (2) und (10) etwas höher.

Von den Blutmehlgruppen (Rationen 4, 5, 11 und 12) hatte die Ration (11) mit 10 % Rohprotein aus Blutmehl im Austausch gegen Danpro die besten Resultate (LMZ: 12.1 g; α : 1.82; FVW: 1078 g LMZ/kg). Diese lagen zudem höher als jene der Kontrollgruppe (1), während die Werte der übrigen Blutmehlrationen eine große Übereinstimmung mit denen der Kontrollration zeigten.

Innerhalb der Proteinhydrolysatgruppen (Rationen 6, 7, 13, 14) erzielte Gruppe (13) mit 10 % Rationsprotein aus Proteinhydrolysat im Austausch gegen Danpro (LMZ: 11.9 g; α : 1.81; FVW: 1055 g LMZ/kg) die höheren Werte, auch im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die Werte der Ration (6) mit 10 % Rationsprotein aus Proteinhydrolysat im Austausch gegen FPC (LMZ: 11.3 g; α : 1.75 g; FVW: 1025 g LMZ/kg) waren vergleichbar mit den Ergebnissen der Kontrollgruppe (1). Die Resultate der Rationen (7) und (14) mit jeweils 20 % Rohprotein im Austausch gegen FPC bzw. Danpro lagen in etwa auf dem Niveau der Kontrollgruppe.

Für die Panseninhaltsgruppen (Rationen 8, 15) konnte ermittelt werden, daß der Austausch gegen FPC und Danpro in etwa gleiche Ergebnisse brachte und diese gegenüber der Kontrollgruppe niedriger ausfielen.

Im Vergleich zur Kontrollgruppe (= 0) verdeutlichen die Abbildungen 27 - 30 die prozentualen Lebendmassezunahmen bezüglich des gestaffelten Austausches der jeweiligen Abfallprodukte.

Zur Veranschaulichung der Tabellendaten zeigen die Abbildungen 31 - 34 die kumulativen Zunahmen der Lebendmasse während der 8-wöchigen Versuchsdauer jeweils im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Die Verhältnisse zwischen FVZ und LMZ, welche den FVW-Berechnungen zugrunde lagen, sollen die Abbildungen 35 - 38 bildhaft darstellen.

3.5.2.1.2 Tierkörperanalyse, Protein- und Energieansatz

Die zu Beginn des Versuchs zur Ganzkörperanalyse entnommenen Fische (n = 20) wiesen wie bei den Zulageversuchen mit 22.5 % den niedrigsten Trockensubstanzgehalt auf (Tab. 57).

Die etwas höheren prozentualen TS-Werte zu Versuchende bewegten sich zwischen 22.9 und 23.9 % und waren nicht wesentlich voneinander verschieden. Abweichend von den vorherigen Versuchen erreichten neben den Probenfischen zu Versuchsbeginn auch Fische der Rationen 4, 5, 8 und 15 zu Versuchsende hohe Rohproteinkonzentrationen.

Die höchsten Rohproteingehalte waren in den Gruppen (4) mit 62.6 % RP, (5) mit 62.0 % RP, (8) mit 62.6 % RP und (15) mit 60.9 % RP in der T vorzufinden.

Auch die Rohproteingehalte der Gruppen (6) mit 58.7 %, (7) mit 57.6 %, (9) mit 59.4 %; (10) mit 58.5 %, (11) mit 57.8 %, (12) mit 58.0 %, (13) mit 58.6 % und (14) mit 57.5 % übertrafen diejenigen der Kontrollgruppe mit 55.2 % RP. Ebenfalls eng beieinander lagen die Werte der Bruttoenergie in den

Abb.: 27 Versuch III Austauschversuch

Prozentuale Änderung der LMZ bei Versuchsende im Vergleich zur Kontrollgruppe (= 0)

Rationsprotein: 32 % aus FPC, 8% aus Danpro

Austausch durch Federmehl

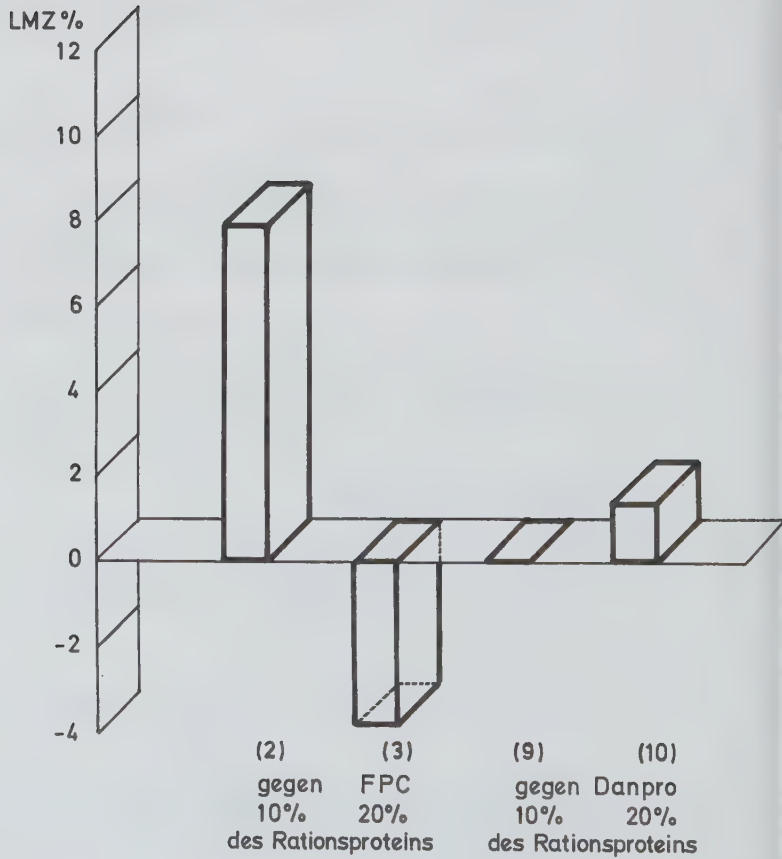


Abb.: 28 Versuch III Austauschversuch

Prozentuale Änderung der LMZ bei Versuchsende im Vergleich zur Kontrollgruppe (= 0)

Rationsprotein: 32% aus FPC, 8% aus Danpro
Austausch durch Blutmehl

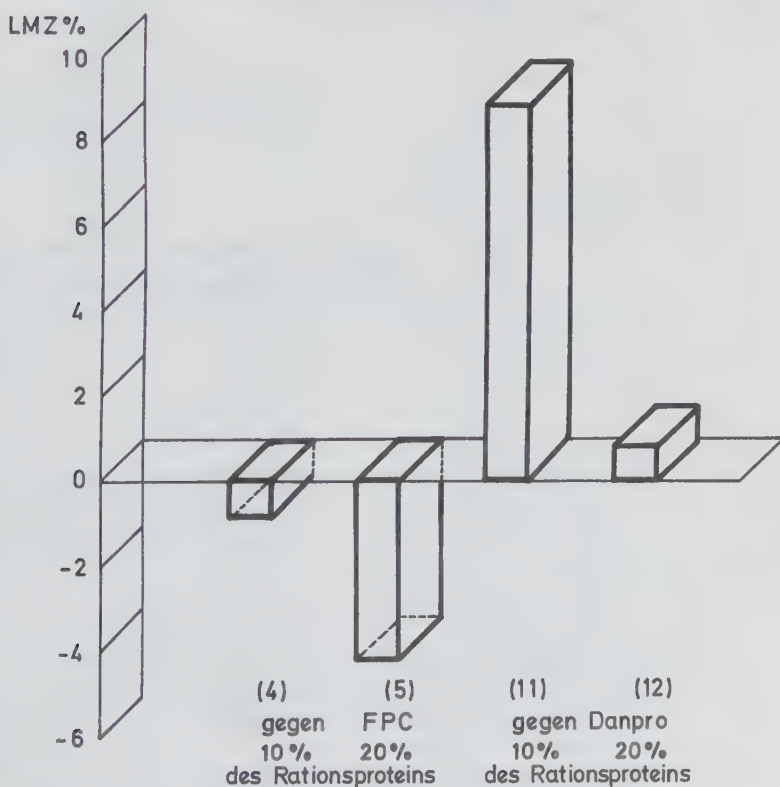


Abb.:29

Versuch III

Austauschversuch

Prozentuale Änderung der LMZ bei Versuchsende im Vergleich zur Kontrollgruppe (= 0)

Rationsprotein: 32 % aus FPC, 8 % aus Danpro

Austausch durch Proteinhydrolysat

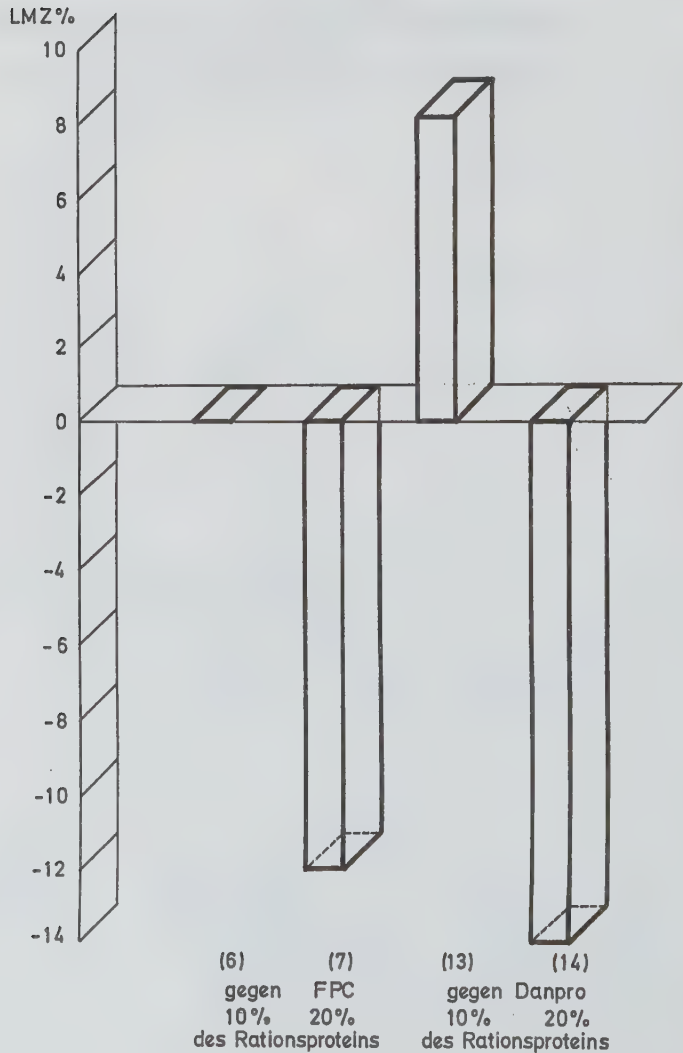


Abb.: 30

Versuch III

Austauschversuch

Prozentuale Änderung der LMZ bei Versuchsende im Vergleich zur Kontrollgruppe (= 0)

Rationsprotein: 32 % aus FPC, 8 % aus Danpro

Austausch durch 20% Panseninhalt

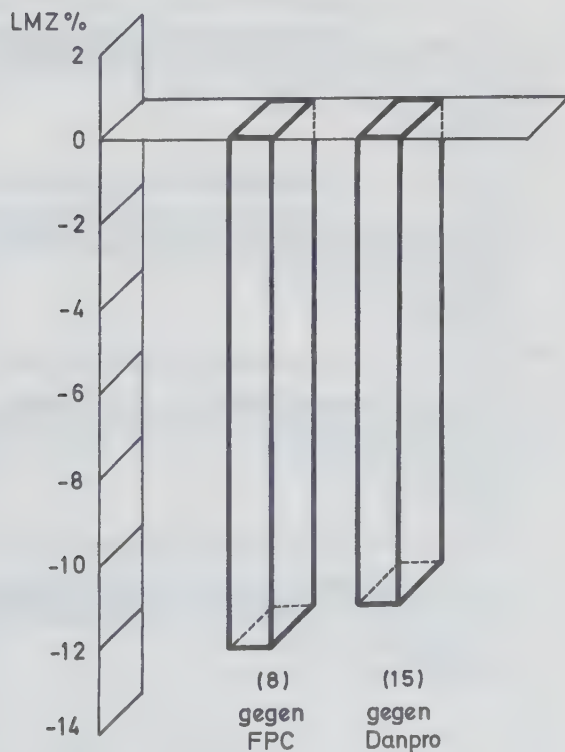


Abb.:31

Versuch III Austauschversuch
Entwicklung der LMZ (% der LM bei Versuchsbeginn)
Rationsprotein: 32 % aus FPC, 8 % aus Danpro
Austausch durch Federmehl

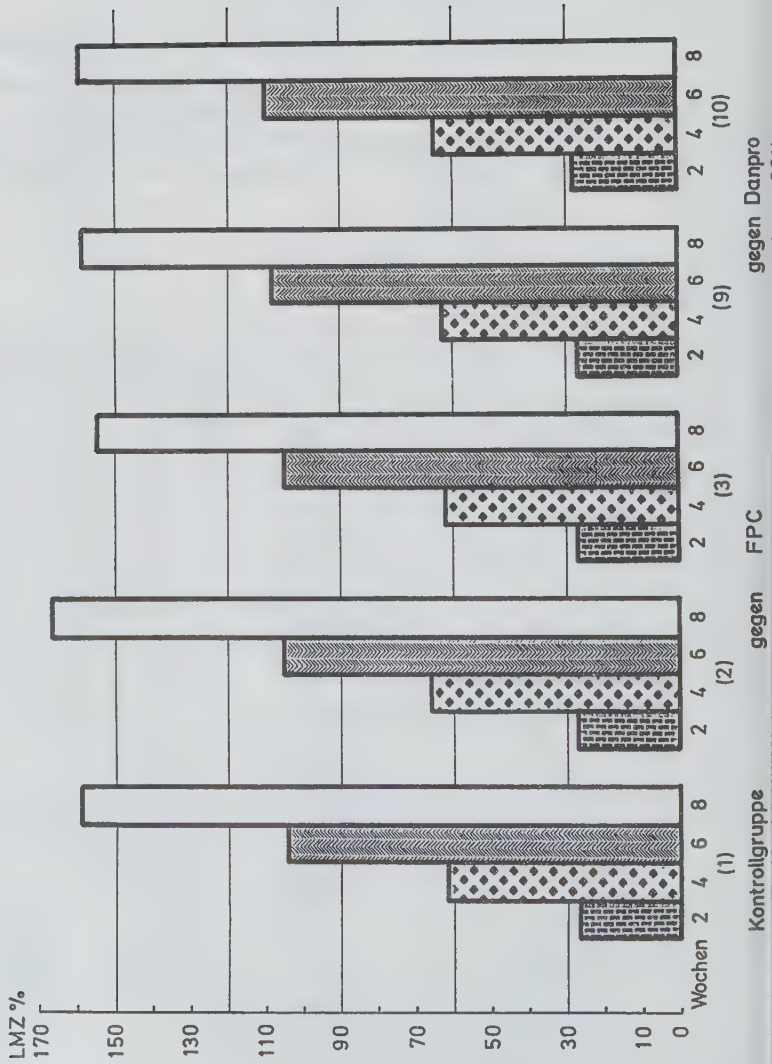


Abb.:32 Versuch III Austauschversuch
Entwicklung der LMZ (% der LM bei Versuchsbeginn)
Rationsprotein : 32 % aus FPC, 8 % aus Danpro
Austausch durch Blutmehl

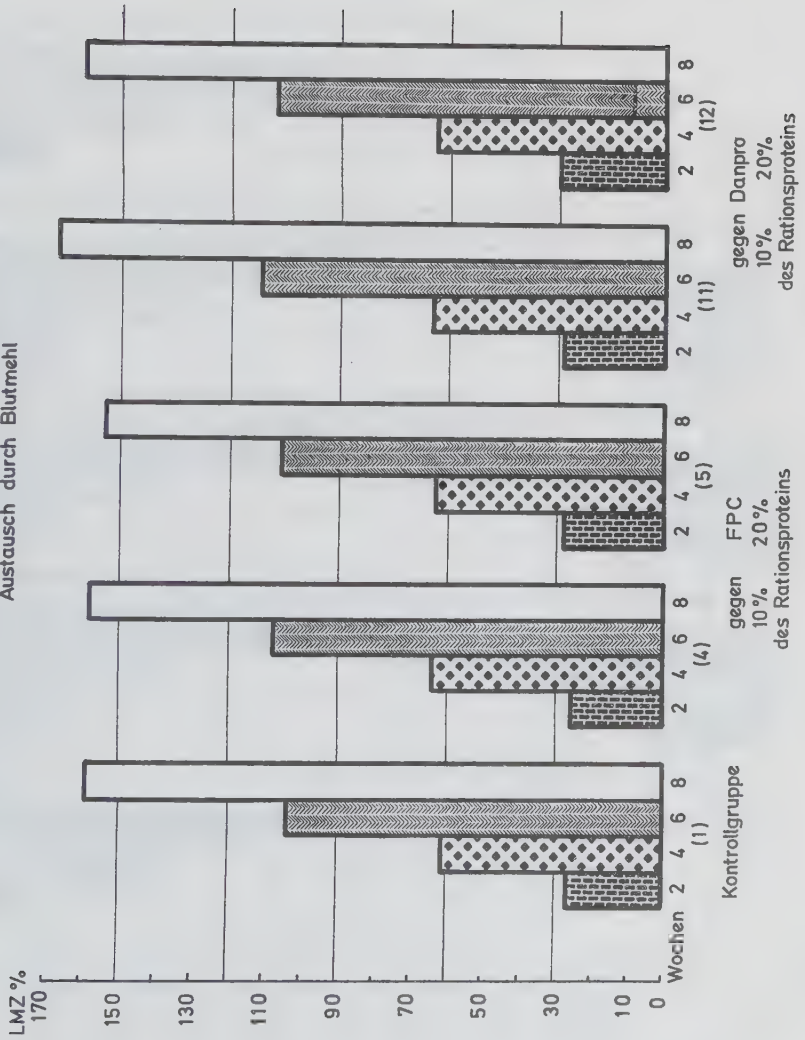


Abb.:33 Versuch III Austauschversuch

Entwicklung der LMZ (% der LM bei Versuchsbeginn)
Rationsprotein: 32% aus FPC, 8% aus Danpro
Austausch durch Proteinhydrolysat

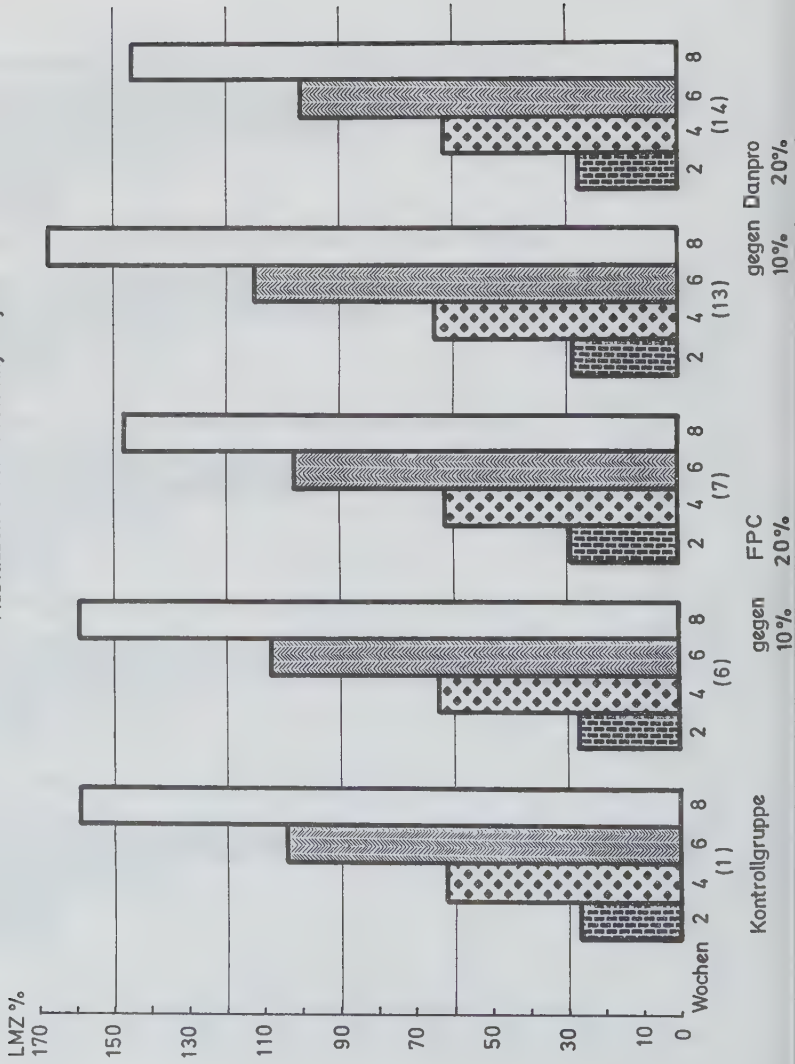


Abb.:34 Versuch III Austauschversuch

Entwicklung der LMZ (% der LM bei Versuchsbeginn)
Rationsprotein: 32% aus FPC, 8% aus Danpro

Austausch durch 20% Panseninhalt

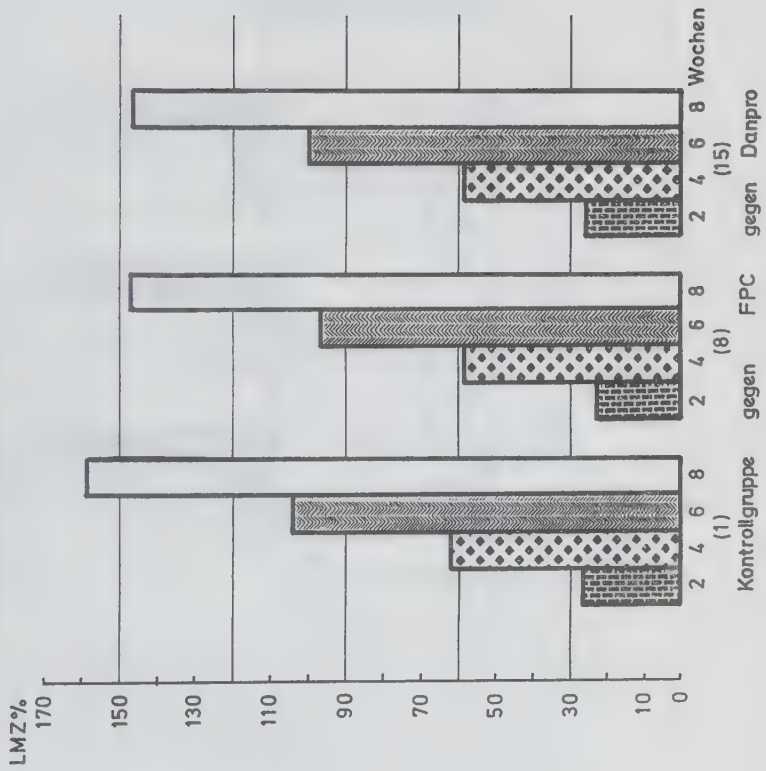


Abb.:35

Versuch III

Austauschversuch

Lebendmassezunahme und Futterverzehr (g/Fisch in 8 Wochen)
 Rationsprotein: 32% aus FPC, 8% aus Danpro
 Austausch durch Federmehl

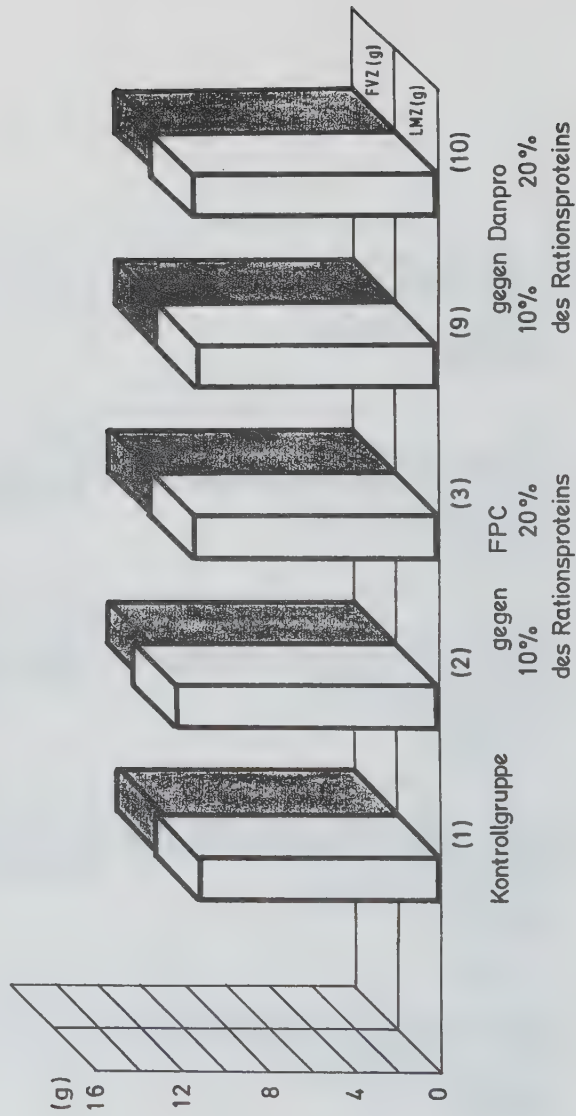


Abb.:36

Versuch III Austauschversuch

Lebendmassezunahme und Futterverzehr (g/Fisch in 8 Wochen)
 Rationsprotein : 32 % aus FPC, 8% aus Danpro
 Austausch durch Blutmehl

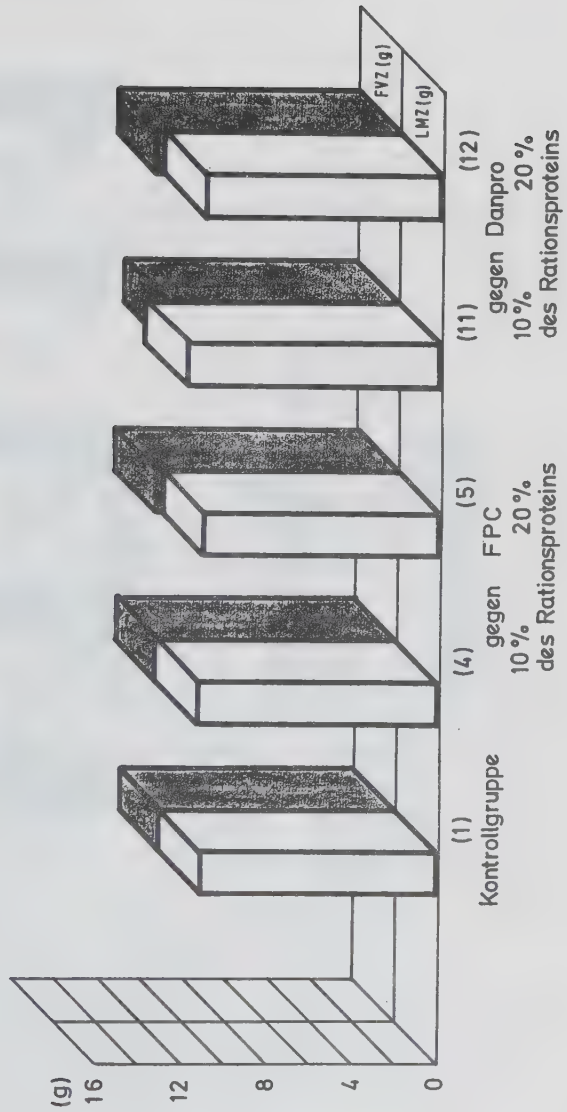


Abb.:37

Versuch III Austauschversuch
Lebendmassezunahme und Futterverzehr (g/Fisch in 8 Wochen)
Rationsprotein: 32 % FPC, 8 % aus Danpro
Austausch durch Proteinhydrolysat

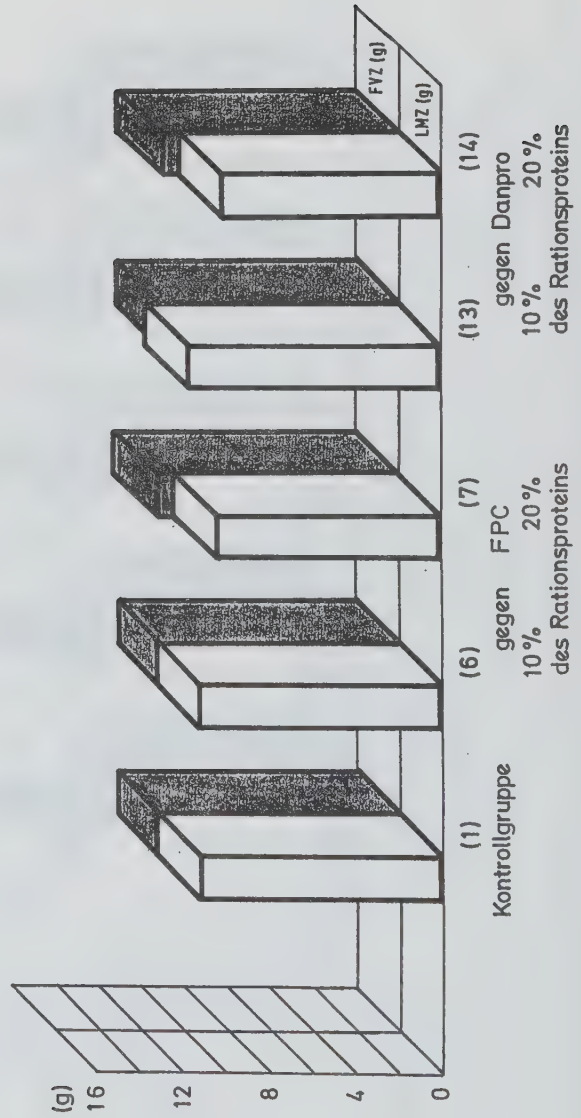
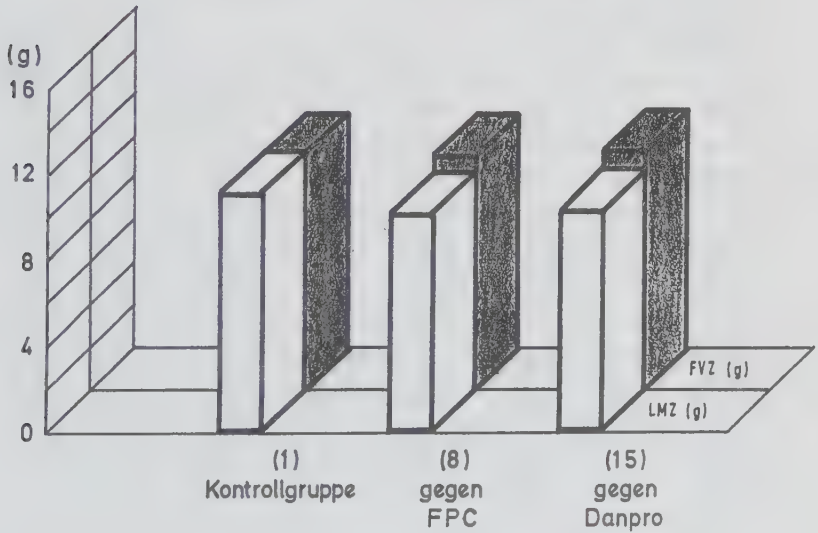


Abb.:38 Versuch III Austauschversuch

Lebendmassezunahme und Futterverzehr (g/Fisch in 8 Wochen)
Rationsprotein: 32 % aus FPC; 8 % aus Danpro
Austausch durch 20 % Panseninhalt



Tab. 57a: VERSUCH III - AUSTAUSCHVERSUCH (WACHSTUMSVERSUCH)

KÖRPERZUSAMMENSETZUNG

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
FPC (%)	39.85	34.87	29.89	34.87	29.89	34.87	29.89	36.5
Danpro (%)	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.1
Methionin (%)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.0
Federmehl (%)	---	5.11	10.22	---	---	---	---	--
Blutmehl (%)	---	---	---	4.64	9.28	---	---	--
Proteinhydro-								
lysate (%)	---	---	---	---	---	4.68	9.36	--
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	---	2
RP (%)	40	40	40	40	40	40	40	4
Tierzahl (n)	40	40	40	40	40	40	40	4
LM (g)	18.5	19.5	18.9	18.7	18.6	18.4	17.7	17.
+ s	0.2	0.6	0.4	0.4	0.3	0.5	0.6	0.
relativ	(100)	(105)	(102)	(101)	(101)	(99)	(96)	(9
T (%)	23.9	22.9	22.9	23.6	23.2	23.5	23.1	22.
+ s	0.3	0.9	0.5	0.2	0.7	0.4	0.4	0.
relativ	(100)	(96)	(96)	(99)	(97)	(98)	(97)	(9
RP (% d. T)	55.2	49.5	53.6	62.6	62.0	58.7	57.6	62.
+ s	2.8	1.9	5.6	0.6	1.5	1.0	1.3	1.
relativ	(100)	(90)	(97)	(113)	(112)	(106)	(104)	(11
Energie (KJ/g T)	26.4	25.7	25.8	25.9	25.6	25.5	25.6	25.
+ s	0.3	0.6	0.3	0.1	0.4	0.8	0.2	0.
relativ	(100)	(97)	(98)	(98)	(97)	(97)	(97)	(9
Rohasche (% d. T)	9.0	9.4	10.0	9.5	9.6	9.4	9.8	10.
+ s	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.4	0.2	0.
relativ	(100)	(104)	(111)	(106)	(107)	(104)	(109)	(11

Tab. 57b: VERSUCH III - AUSTAUSCHVERSUCH (WACHSTUMSVERSUCH)

KÖRPERZUSAMMENSETZUNG

Code-Nr.:	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(VB)
FPC (%)	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.57	39.85	
Danpro (%)	6.59	---	6.59	---	6.59	---	8.77	
Methionin (%)	0.04	---	0.04	---	0.04	---	0.05	
Federmehl (%)	5.11	10.22	---	---	---	---	---	
Blutmehl (%)	---	---	4.64	9.28	---	---	---	
Proteinhydro-								
lysate (%)	---	---	---	---	4.68	9.36	---	
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	20	
RP (%)	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	
Tierzahl (n)	40	40	40	40	40	40	40	20
LM (g)	18.4	18.6	19.3	18.3	19.0	17.4	17.8	7.3
+ s	0.6	0.5	0.4	0.3	0.4	0.6	0.2	0.1
relativ	(99)	(101)	(104)	(99)	(103)	(94)	(96)	
T (%)	23.8	23.5	23.7	23.1	23.6	23.3	22.9	22.5
+ s	0.2	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.3	0.6
relativ	(100)	(98)	(99)	(97)	(99)	(97)	(96)	
RP (% d. T)	59.4	58.5	57.8	58.0	58.6	57.5	60.9	59.9
+ s	1.3	1.0	0.8	0.4	0.5	0.6	0.8	1.5
relativ	(108)	(106)	(105)	(105)	(106)	(104)	(110)	
Energie	26.2	26.2	25.9	25.9	25.8	25.7	25.6	24.7
(KJ/g T)								
+ s	0.4	0.1	0.3	0.1	0.1	0.5	0.5	0.5
relativ	(99)	(99)	(98)	(98)	(98)	(97)	(97)	
Rohasche (% d. T)	9.3	9.3	9.4	9.6	9.6	9.7	10.2	9.0
+ s	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.4	0.4
relativ	(100)	(103)	(104)	(107)	(107)	(108)	(113)	

Fischproben aller Rationsgruppen incl. der Kontrollgruppe. Sie variierten zwischen 25.6 und 26.4 KJ/g T und zeigten eine Zunahme gegenüber Versuchsbeginn.

Der PPW der Rationen (4) mit 41.3 % und (9) mit 40.1 % war deutlich höher als jener der Kontrollgruppe (34.5 %). Die PPW der Gruppen (5), (6), (8), (10), (11), (13) und (15) waren etwa gleich und übertrafen den Wert der Kontrollgruppe kaum (Tabelle 58). Dagegen lag der PPW der Ration (2) mit 28.2 % erheblich und derjenige der Gruppen (7) und (14) mit 30.8 % bzw. 30.5 % weniger stark unter dem Kontrollgruppenniveau.

Der Gesamtwirkungsgrad der Bruttoenergie zeigt keine wesentlichen positiven Abweichungen der Gruppen von der Kontrollgruppe. So ergaben sich für die Rationen (2), (4), (6), (9), (10), (11), (13) und die Kontrollration eine Schwankungsbreite von 29.4 bis 32.5 %.

Geringere Resultate wurden für die Gruppen (3), (5), (7), (8), (12), (14) und (15) errechnet, wobei speziell die Gruppe (3) mit 27.2 % und die Ration (15) mit 26.1 % das Niveau der Kontrollgruppe (32.1 %) deutlicher unterschritten.

3.5.2.2 **Verdauungsversuch (Verdaubarkeit)**

3.5.2.2.1 **Durchgang I**

Der Austausch von Proteinhydrolysat gegen FPC (Ration 7) und Federmehl gegen Danpro (Ration 10) wirkt sich offenbar nicht auf die Verdaulichkeit der T (Tab. 59) aus. Als wahrscheinlich gleich dürfen wohl auch die Werte der Rationen (3) und (5) angesprochen werden, wenngleich ihre numerischen Beträge etwas niedriger lagen.

Tab. 58a: VERSUCH III - AUSTAUSCHVERSUCH (WACHSTUMSVERSUCH)

RP-ANSATZ, PRODUKTIVER PROTEINWERT (PPW)

ENERGIEANSATZ UND BRUTTOENERGIEVERWERTUNG (K_{tot})

Code-Nr.:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
FPC (%)	39.85	34.87	29.89	34.87	29.89	34.87	29.89	36.51
Danpro (%)	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19
Methionin (%)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Federmehl (%)	---	5.11	10.22	---	---	---	---	---
Blutmehl (%)	---	---	---	4.64	9.28	---	---	---
Proteinhydro-								
lysate (%)	---	---	---	---	---	4.68	9.36	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	---	20
RP gesamt	40	40	40	40	40	40	40	40
RP-Ansatz	1.48	1.21	1.31	1.78	1.68	1.58	1.38	1.58
(g/Fisch)								
relativ	(100)	(82)	(89)	(120)	(114)	(107)	(93)	(107)
PPW	34.5	28.2	29.8	41.3	37.2	36.7	30.8	36.7
relativ	(100)	(82)	(86)	(120)	(108)	(106)	(89)	(106)
Energiean-	77.3	73.6	69.9	73.7	69.3	70.8	64.7	62.7
satz (KJ/Fisch)								
relativ	(100)	(95)	(90)	(95)	(90)	(92)	(84)	(81)
K_{tot}	32.1	29.4	28.3	30.2	28.1	30.6	27.2	25.8
relativ	(100)	(92)	(88)	(94)	(88)	(95)	(85)	(80)

Tab. 58b: VERSUCH III - AUSTAUSCHVERSUCH (WACHSTUMSVERSUCH)

RP-ANSATZ, PRODUKTIVER PROTEINWERT (PPW)
ENERGIEANSATZ UND BRUTTOENERGIEVERWERTUNG (K_{tot})

Code-Nr.:	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
FPC (%)	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85	39.85
Danpro (%)	6.59	---	6.59	---	6.59	---	8.77
Methionin (%)	0.04	---	0.04	---	0.04	---	0.05
Federmehl (%)	5.11	10.22	---	---	---	---	---
Blutmehl (%)	---	---	4.64	9.28	---	---	---
Proteinhydro-							
lysate (%)	---	---	---	---	4.68	9.36	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	---	---	21
RP gesamt	40	40	40	40	40	40	40
RP-Ansatz (g/Fisch) relativ	1.64 (111)	1.59 (107)	1.67 (113)	1.51 (102)	1.67 (113)	1.37 (93)	1.5 (10)
PPW relativ	40.1 (116)	36.9 (107)	38.9 (113)	32.8 (95)	39.8 (115)	30.5 (88)	34. (10)
Energiean-							
satz (KJ/Fisch)	75.3	74.4	78.5	70.6	76.2	64.7	64.
relativ	(97)	(96)	(102)	(91)	(99)	(84)	(8)
K_{tot}							
relativ	31.4 (98)	30.5 (95)	32.3 (101)	28.5 (89)	31.4 (98)	27.4 (85)	26. (8)

Tab. 59: VERDAUUNGSVERSUCH - DURCHGANG I
SCHEINBARE VERDAUBARKEIT

Code-Nr.:	(1)	(3)	(5)	(7)	(8)	(10)
FPC (%)	39.85	29.89	29.89	29.89	36.51	39.85
Danpro (%)	13.19	13.19	13.19	13.19	13.19	---
Methionin (%)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	---
Federmehl (%)	---	10.22	---	---	---	10.22
Blutmehl (%)	---	---	9.28	---	---	---
Proteinhydrolysat (%)	---	---	---	9.36	---	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	---	20	---
RP gesamt (%)	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
T (%)	88.8	86.3	87.0	87.9	76.1	88.0
RP (%)	92.1	86.5	86.8	91.9	89.5	87.5
Bruttoenergie (%)	89.7	87.5	87.5	89.3	78.7	87.6

Nur der Ersatz von FPC durch Panseninhalt (R 8) zeigte mit 76 % eine deutlich geringere Verdaulichkeit im Vergleich zu den anderen Rationen. Bezüglich des Rohproteins ergab sich eine nahezu gleich hohe scheinbare Verdaulichkeit von ca. 92 % für die Kontrollration und jene mit Proteinhydrolysat (Austausch gegen FPC). Der Austausch von FPC durch Panseninhalt (Ration 8) hatte nur eine geringe Abweichung der Proteinverdaulichkeit von jener der Kontrollration zur Folge, offensichtlich wohl dadurch, weil nur eine geringere Menge FPC ersetzt wurde. Die Werte der übrigen Rationen (3), (5) und (10) fielen niedriger aus.

Die scheinbare Verdaubarkeit der Bruttoenergie der Rationen (1) mit 89.7 % und (7) mit 89.3 % lag - ähnlich wie die RP-Verdaulichkeit - eng beieinander. Ration (8) mit 78.7 % schnitt gegenüber letzteren schlechter ab als die Rationen (3), (5) und (10), welche sich mit ca. 87.5 % nicht voneinander unterschieden.

3.5.2.2.2 Durchgang II

Der vollständige Austausch von Danpro und Methionin durch Blutmehl bzw. Proteinhydrolysat (Ration 12 und 14) läßt die scheinbare Verdaulichkeit der T etwas niedriger ausfallen als jene der Kontrollration (1). Eine deutlich schlechtere Verdaulichkeit konnte dagegen für die Ration (15), bei welcher Danpro durch Panseninhalt ersetzt wurde, ermittelt werden. Für die Rohprotein-Verdaulichkeit zeichnete sich die Kontrollration (1) mit 94.2 % als höchstem Wert aus, gefolgt von den Rationen (14) und (15) mit ca. 91 %. Eine um 7.5 % geringere Verdaulichkeit ergab sich für die Ration (12) mit 86.6 %.

Die Werte der scheinbaren Verdaubarkeit der Bruttoenergie wiesen die gleichen Tendenzen auf wie die Verdaubarkeit der T (Tabelle 60): der Wert der Ration (1) mit 91.1 % übertraf jene der Rationen (12) und (14) mit 87.7 % bzw. 89.1 %, während für Ration (15) mit 81.0 % eine um 10 % niedrigere Verdaulichkeit errechnet wurde.

Tab. 60: VERDAUUNGSVERSUCH - DURCHGANG II
SCHEINBARE VERDAUBARKEIT

Code-Nr.:	(1)	(12)	(14)	(15)
FPC	39.85	39.85	39.85	39.85
Danpro (%)	13.19	---	---	8.77
Methionin (%)	0.08	---	---	0.05
Blutmehl (%)	---	9.28	---	---
Proteinhydrolysat (%)	---	---	9.36	---
Panseninhalt (%)	---	---	---	20
RP gesamt (%)	40.0	40.0	40.0	40.0
T (%)	89.4	87.4	88.8	78.4
RP (%)	94.2	86.6	90.9	91.1
Bruttoenergie (%)	91.1	87.7	89.1	81.0

DISKUSSION

Versuchsdurchführung und Verlauf

Obwohl für die Nutzfischproduktion zum Zwecke der Intensivhaltung Kreislaufanlagen aus verschiedenen Gründen als Alternative zu den klassischen Durchlaufanlagen entwickelt worden sind, stellt die Kreislaufanlage bei Fütterungsversuchen immer ein gewisses Risiko dar:

1. Da durch das zurückgeführte Kreislaufwasser trotz restriktiver Fütterung eine Rückführung von Futterpartikeln möglich ist, ergibt sich somit eine zusätzliche Nährstoffversorgung.
2. Im Allgemeinen stellt jede Kreislaufanlage ein erhebliches Kontaminationsrisiko bezüglich einer schnellen Ausbreitung von pathologischen Keimen und Parasiten dar.

Die Verlustrate im Versuch I war zwar relativ hoch, jedoch wurde die Validität der Ergebnisse nicht durch die hohe Mortalität oder Morbidität in Frage gestellt, zumal die Verluste in allen Rationsgruppen gleichermaßen auftraten.

Nach neueren Empfehlungen sollten Untersuchungen zur Prüfung verschiedener Proteinquellen oder des Aminosäurebedarfs mindestens 8 Wochen dauern. Dies entspricht auch den Erfahrungen von STRAUSS (1982), FRANK (1984) und REITER (1984) unter gleichen Versuchsbedingungen. Deshalb war jeder Versuch in den vorgelegten Untersuchungen auf 10 Wochen (2 Wochen Vorperiode und 8 Wochen als Hauptperiode) angelegt. Für die beobachteten starken Streuungen innerhalb der verschiedenen Versuchsgruppen des Versuchs II, zum Teil auch des Versuchs I, können im wesentlichen 2 Ursachen angegeben werden:

1. die relativ kleine Anzahl der Fische pro Wiederholung (n = 5 in Versuch II),
2. die Inhomogenität der käuflich erworbenen Forellen.

Mit der erstgenannten Ursache konnte die Annahme von STRAUSS (1982) bestätigt werden. Im Austauschversuch (Wachstumsversuch) konnten diese Beobachtungen berücksichtigt werden, da für diesen Versuch wieder eine größere Anzahl von jungen Fischen aus der inzwischen eingerichteten institutseigenen Brutzuchtanlage zur Verfügung stand. Es wurden 40 Forellen pro Wiederholung verwendet. Die Versuchsergebnisse zeigten dann auch nur geringe Abweichungen bei den Werten innerhalb der Wiederholungen einer Versuchsgruppe.

Als problematisch erwies sich das Kotstreifen der kleinen Fische in Versuch I, da nur sehr geringe Kotmengen pro Fisch, aber auch pro Rationsgruppe, gewonnen werden konnten. Auch ist nicht auszuschließen, daß die Fische durch diese Prozedur überdurchschnittlich beeinträchtigt wurden. Daß materialbedingt für Versuch II nur größere Fische zur Verfügung standen, ist als positiv zu bewerten. Diese Erfahrung konnte bei der Verdaulichkeitsuntersuchung im Austauschversuch genutzt werden, so daß dieser nur mit großen Fischen durchgeführt wurde.

4.2

Proteingehalt und Qualität

Es ist bekannt, daß alle Salmoniden einen hohen Eiweißbedarf haben und große Ansprüche an die Aminosäurezusammensetzung des Futterproteins stellen. In den Mischfuttermitteln zur Speiseforellenproduktion wird im allgemeinen ein Rohprotein-gehalt von 40 % angestrebt, wobei tierisches Eiweiß in Form von Fischmehl zum Teil noch immer eine dominierende Rolle spielt.

Die zunehmende Verknappung und Verteuerung von Fischmehl auf dem Weltmarkt (KOLHONEN, 1974) machte es erforderlich, Möglichkeiten zum Ersatz dieses Rohstoffes auch in den Futter-

mitteln für Regenbogenforellen zu finden. Deshalb sollte in den zwei Modellversuchen (Zulage- und Austauschversuch) geprüft werden, ob sich durch Änderung einer Standard-Proteinquelle (Casein- bzw. Casein-Gelatine mit DL-Methioninergänzung, FPC oder FPC und Danpro) gleiche oder bessere Ergebnisse (auch in ökonomischer Sicht) erzielen lassen. Beispielhafte Ergebnisse an Regenbogenforellen können anregen, entsprechende Untersuchungen auch an anderen "Aquakultur-Kandidaten" durchzuführen, wobei natürlich bei der Übertragung die biologische Andersartigkeit dieser Fische zu berücksichtigen ist.

Im Zulageversuch auf Caseinbasis bzw. Casein-Gelatine-Methionin-Basis im Vergleich zur FPC-Basis konnte gezeigt werden, daß es mit Casein bzw. Casein-Gelatine-Methionin gleich gute Gewichtszunahmen bei gleichen Mengen aufgenommenen Stickstoffs gab wie mit FPC als einziger Proteinquelle. Einen gleichen Befund hatte NOSE (1971) bei einem Fütterungsversuch an Forellen mit Casein und Fischmehl feststellen können. In vergleichbaren Untersuchungen von COWEY et al. (1981) wurde ebenfalls berichtet, daß bei einem Fütterungsversuch (9 Wochen) an Forellen zwischen Fischmehl und Casein als Proteinquellen keine Unterschiede im Wachstum beobachtet wurden.

4.3 Wachstum

4.3.1 Federmehl

Ein Zusatz von 5 bzw. 10 g Federmehl im Zulageversuch erbrachte sowohl für 90 g Caseinbasis als auch für 90 g FPC-Basis ein steigendes Wachstum gegenüber der jeweiligen Kontrollgruppe. Dies wird offensichtlich durch die Proteinerhöhung in den Rationen bewirkt. Andererseits schnitt die Ration mit 10 % Rohprotein aus Federmehl im Austausch gegen FPC im Austauschversuch besser ab als die Kontrollgruppe.

Die Ergebnisse des Austauschversuchs zeigten, daß 10 bzw. 20% Rationsprotein aus Federmehl gegen FPC oder Danpro im Forellenfutter ohne Einbußen ersetzt werden konnten, da diese Rationen die gleichen Ergebnisse bzw. bessere als die Kontrollgruppe aufwiesen. Dies entspricht auch den Ergebnissen von GROPP et al. (1976), welche fanden, daß Forellenfutter bis zu 30 % Federmehl als Proteinquelle enthalten kann.

Nach GRUHN et al. (1975) könnten folgende Gründe zur Erklärung in Frage kommen:

1. Mehr als 80 % der Federtrockensubstanz sind Rohprotein
2. Der Gehalt an Thioamino-säuren im Federmehl kann mit 3.7 % als optimal bezeichnet werden.
3. Durch die Hydrolysierung des Federmehls steht ein hochverdauliches Federeiweiß zur Verfügung, z. B. 83 % bei Geflügel. Dieser Wert ist der hohen Protein-Verdaulichkeit von wertvollen Eiweißfuttermitteln gleichzusetzten.

4.3.2

Blutmehl

Genau auch wie beim Federmehlzusatz schnitten die Rationen mit 5 bzw. 10 g Zusatz von Blutmehl im Zulageversuch besser ab als die beiden Kontrollgruppen mit ausschließlich Casein- bzw. FPC, welches wiederum auf die Erhöhung des Proteingehaltes zurückzuführen ist. Jedoch im Austauschversuch lagen nur die Werte der Ration mit 10 % Rationsprotein aus Blutmehl im Austausch gegen Danpro über denjenigen der Kontrollgruppe, so daß durch den Ersatz eine leichte tendenzielle Verbesserung des Mischfuttermittels erreicht wurde.

Da die Ergebnisse der anderen Blutmehlrationen mit den Werten der Kontrollgruppe gleichrangig waren, heißt dies, daß min-

destens bis zu 20 % Rationsprotein aus Blutmehl gegen FPC und Danpro im Forellensmischfutter ausgetauscht werden können.

Unerwünschte oder schädliche Wirkungen (z.B. Wachstumsdepressionen) waren bis zu dieser Konzentration nicht aufgetreten. Ein ähnliches Resultat hatten SCHULZ et al. (1982 A) ermittelt. Sie stellten fest, daß Blutmehl als ein hochwertiger Eiweißträger anzusehen ist, und fanden, daß sich bei Blut- bzw. Federmehlanteilen von 1/3 und 2/3 des Gesamtproteins der Standarddiät (50 % RP, Casein-Gelatine 75:25) diese Nebenprodukte tierischer Herkunft als Bestandteile in Rationen für Regenbogenforellen eignen würden.

4.3.3

Proteinhydrolysat

Im Zulageversuch erreichten alle Rationen mit 5 bzw. 10 g Zusatz von Proteinhydrolysat zu 90 g einer Casein-Gelatine-Basis oder einer FPC-Basalration bessere Ergebnisse als die beiden Kontrollgruppen.

Es ist aber anzumerken, daß die Steigerung der Wachstumsparameter bei der Zulagenstaffelung zur FPC-Basis geringfügiger war als zur Casein-Gelatine-Basis. Eine Ursache könnte man darin sehen, daß schon die FPC-Kontrollration ein höheres Wachstum als die Casein-Gelatine-Basis ermöglichte und so die Proteinerhöhung bei Zulage zur Casein-Gelatine-Basis eine stärkere Ausprägung des Wachstums bewirkte.

Die Leistung der Kontrollgruppe konnte im Austauschversuch nur mit Ration (13), bei welcher 10 % Rationsprotein aus Proteinhydrolysat gegen Danpro ausgetauscht war, erreicht bzw. übertroffen werden.

Folgende Gründe könnten dafür als Erklärung dienen:

1. Proteinpulver-Hydrolysat ist ein hochprozentiger Eiweiß-träger (ca. 98 %) Protein in der TS (nach Angaben des In-verkehrbringers).
2. Es enthält die wichtigsten Aminosäuren in ausreichender Konzentration (siehe Produktspezifikation "Proteinhydro-lysat").
3. Die Verdaubarkeit des Proteinhydrolysates dürfte relativ hoch sein. Dennoch muß es als minderwertiger im Vergleich zu Feder- und Blutmehl eingestuft werden, da es Fischpro-tein offensichtlich schlechter ersetzen konnte.

4.3.4

Panseninhalt

Unterschiedliche und überraschende Ergebnisse erbrachte die Zulage von 10 bzw. 20 g Panseninhalt zu 90 g einer Casein-Ge-latine-Methionin- bzw. FPC- Basalration.

Bei Zusatz von 10 bzw. 20 g Panseninhalt zu den caseinhalti-gen Basisrationen (90 g) ergaben sich (nicht unbedingt zu er-wartende) bessere Ergebnisse im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Im Austauschversuch lagen die Werte der Rationen mit 6.7 % Rationsprotein aus Panseninhalt (entspricht 20 % im Mischfut-ter) sowohl im Austausch gegen FPC als auch im Austausch ge-gen Danpro etwas unter denen der Kontrollgruppe. Im Gegensatz dazu konnte ELERAKY (1985) bei ihrem Fütterungsversuch an wachsenden Forellen feststellen, daß eine Futtermischung mit 10 % Panseninhalt (= 3.4 % Rationsprotein aus Panseninhalt) im Austausch gegen FPC oder Danpro zu gleichwertig guten Er-gebnissen führte wie die Kontrollration (32 % Rohprotein aus FPC und 8 % Rohprotein aus Danpro, methioninergänzt).

Zusammen mit diesen ergänzenden Befunden kann gefolgert werden, daß das schlechtere Wachstum der Forellen mit 20 % Panseninhalt in der Ration (allein) auf die Erhöhung der Panseninhaltskonzentration zurückzuführen ist. Bekräftigt wird diese Folgerung auch durch die Ergebnisse des Zulageversuchs der vorliegenden Arbeit, bei welchem die Gruppe (8) mit 20 g Zusatz vom Panseninhalt zu 90 g Basalration eine schlechtere Wachstumsrate und Futterverwertung erzielte als Gruppe mit 10 g Zusatz vom Panseninhalt. Das bedeutet, daß mit Erhöhung der Panseninhaltskonzentration über ca. 10 % hinaus schlechtere Ergebnisse der Wachstumsraten und Futterverwertungen zu erwarten sind.

Als mögliche Erklärung könnte die im Vergleich zur Kontrollration geringere Verdaulichkeit herangezogen werden. Eine höhere Panseninhaltskonzentration scheint demnach die Verdaulichkeit, vorwiegend diejenige der T und der Bruttoenergie, zu beeinträchtigen.

Der hohe Rohfaser- und damit geringe Energiegehalt dieses Futtermittels lassen offensichtlich nur geringe Konzentrationen im Forellenfutter zu. Wegen seines niedrigen Proteingehalts wird der Futterwert auch kaum durch Protein bestimmt.

4.4 Tierkörperanalyse, Protein- und Energieverwertung

Die Tierkörperzusammensetzung der Fische änderte sich in den Versuchen während der Versuchsdauer mit gleicher Tendenz. So wiesen die zu Versuchsbeginn gezogenen Probenfische in ihrer Zusammensetzung im allgemeinen den niedrigsten Gehalt an Trockensubstanz und die höchste Rohproteinkonzentration auf. Dies entsprach auch den Ergebnissen von SCHWARZBACH, 1981; GROPP und KÜCHLE, 1983 und ELERAKY, 1985.

Abgesehen von der Ausnahme einiger Versuchsgruppenwerte, kann aus den vorliegenden Analysendaten der Schluß gezogen werden, daß mit zunehmendem Trockensubstanzgehalt der Gehalt an Rohprotein fällt sowie der Energiegehalt im Forellengesamtkörper ansteigt (TIEWS et al. 1973; SCHWARZBACH, 1981; SCHWALB-BÜHLING, 1981; GROPP, KÖCHLE, 1983). GROPP 1985 weist darauf hin, daß bei Forellen eine relativ enge positive Korrelation zwischen der Trockensubstanz und dem Energiegehalt einerseits und eine gleichermaßen enge negative Korrelation zwischen der Trockensubstanz- und dem Rohproteingehalt andererseits existiert (siehe Abbildung: 39).

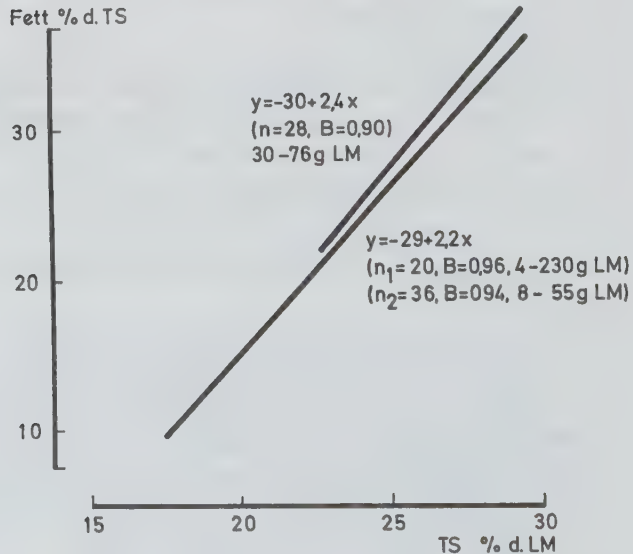
Abb. 39:

KÖRPERZUSAMMENSETZUNG

(Gropp, 1985)

Sinkt der TS-Gehalt auf $\leq 13\%$ ab, so wäre die Trockensubstanz fettfrei.

(Gropp, Schwarzbach, Schwalb-Bühling 1982)



Vor allem die positive Korrelation zwischen der T und dem Energiegehalt in Verbindung mit der negativen Korrelation zwischen der TS und dem Rohprotein scheint darauf hinzudeu-

ten, daß die für Karpfen von KAUSCH und BALLION-CUSMANO (1976) ermittelte positive Korrelation zwischen T und Fett (= negative Korrelation zwischen Wassergehalt und Fett, auch "fat-water-line" (LOVE, 1970) genannt) auch bei Forellen zum Tragen kommt und sich in den vorliegenden Ergebnissen wieder spiegelt. Diese Ausnahme trifft dann zu, wenn die Zunahme in der T auch bei Forellen vorwiegend durch Fettansatz erfolgt.

Aus der Tierkörperanalyse im Zulageversuch geht hervor, daß ein Zusatz von 5 und 10 g Blutmehl, 5 und 10 g Federmehl, 10 g Panseninhalt (zu 90 g einer Casein-(Gelatine-)Basis) sowie von 10 % Proteinhydrolysat in Verbindung mit einer steigenden Wachstumsrate zu einer relativen Verminderung des Proteingehaltes und einem Anstieg des Bruttobrennwertes des Tierkörpers führt.

Im Austauschversuch wurden in allen Gruppen, die Abfallprodukte (mit Ausnahme der Rationen (2) und (3) mit Federmehl im Austausch gegen FPC) enthielten, jeweils höhere Werte für Rohprotein und die geringere Konzentration an Trockensubstanz und Energie im Vergleich zur Kontrollgruppe gemessen.

Der produktive Proteinwert hängt in erster Linie von der Höhe der Proteinzufuhr ab. Nicht unwesentlich wird er aber auch beeinflusst von der Qualität des verfütterten Proteins, insbesondere von der Verdaulichkeit und der biologischen Wertigkeit (OGINO und CHEN, 1973), von der technischen Verarbeitung (z.B. Vermahlungsgrad (BODECKER, 1979; SCHWALB et al., 1980)) und von der Futterzusammensetzung (Kohlehydrat- und Fettgehalt (PFEFFER und POTTHAST, 1977; RYCHLY, 1980)).

In der vorliegenden Arbeit ergab sich für den produktiven Proteinwert ein Schwankungsbereich zwischen 20.7 % und 48.8 %. Andere Autoren kamen mit einem PPW bei Fischen zwischen 20 % und 35 % bzw. 40 % zu einem vergleichbaren Ergebnis (REITER, 1984; GROPP und KOCHLE, 1983; RYCHLY, 1980; OGINO und CHEN, 1973).

Wie die Proteinverwertung ist auch die Energieverwertung bei Fischen von der Futterzusammensetzung und der Verdaulichkeit der Futterkomponenten abhängig. Die errechneten Werte für den Gesamtwirkungsgrad der Bruttoenergie (K_{tot} %) bewegen sich zwischen 16.2 % und 36.8 %. Eine ähnliche Spannbreite wurde von verschiedenen anderen Autoren ermittelt, welche bei Regenbogenforellen einen Bereich zwischen 23 % und 35 % angeben (LEE, PUTNAM, 1973; STEFFENS, ALBRECHT, 1973 und 1975; PFEFFER, POTTHAST, 1977; BODECKER, 1979; SCHWARZBACH, 1981; SCHWALB, 1982; GROPP und KÜCHLE, 1983 und REITER 1984).

4.5 Verdaubarkeit der verschiedenen Abfallprodukte

Die im Austauschversuch gefundenen geringeren scheinbaren Trockensubstanz- und Energieverdaubarkeiten der Panseninhaltsrationen mit 76.1 % bzw. 78.7 % und mit 78.4 % bzw. 81.0 % beruhen wahrscheinlich auf dem hohem Gehalt von Panseninhalt an Cellulose. Bei den anderen Rationen lagen Werte der Trockensubstanz-Verdaubarkeit zwischen 86.3 % - 89.4 %, diejenigen der Rohprotein-Verdaubarkeit zwischen 86.5 % - 94.2 % und jene der Energieverdaubarkeit zwischen 87.5 - 91.1 % und lassen somit keine schlüssigen Aussagen zu.

Da die Herkunft und die Herstellungstechnik für die Verdaulichkeit eine Rolle spielen können, finden sich mitunter für einen namentlich gleichen Proteinträger unterschiedliche Beiträge. So schwankte in Abhängigkeit von der Herkunft und vom Rohproteingehalt die Verdaulichkeit des Rohproteins bei Fischmehl zwischen 68 (KITAMIKADO et al. 1964) und 94.6 % (WINDELL et al. 1978). Die meisten Blutmehle weisen mit 23 bis 65.2 % eine relativ geringe Proteinverdaulichkeit auf. CHO und SLINGER (1978) fanden Werte von 39.8 ± 10.3 % für Rohprotein sowie 51.4 ± 3.8 % für die Energie und führen diese geringe Verdaulichkeit auf Überhitzung bei der Herstellung zurück.

Für hydrolysiertes Federmehl bzw. Mehl aus Geflügelabfallprodukten verschiedener Hersteller werden unterschiedliche Werte in der Rohprotein-Verdaulichkeit zwischen 52.4 und 70.5 % bzw. 27 und 74.7 % (zitiert nach SCHWARZBACH, 1981) angegeben.

Die in den eigenen Versuchen ermittelte bzw. berechnete partielle Verdaubarkeit (Zulageversuche) lag zwischen 55.7 und 83.9 % bei Blutmehl und zwischen 41.9 % und 74.7 % bei Federmehl. Die hohen Schwankungen der Verdaulichkeit scheinen dabei in erster Linie durch verschiedene Nährstoffquellen und durch unterschiedliche Futterzusammensetzungen sowie das Fütterungsniveau bedingt zu sein. Andere Einflußgrößen auf die Verdaubarkeit wie Partikelgröße, Alter und Gewicht der Fische sowie Kondition (GROPP, 1982) dürften hier kaum eine Rolle gespielt haben. Da gemäß der Siebanalyse fast alle Partikel des Proteinhydrolysats kleiner als 125 μ m waren, erscheint es nicht unerwartet, daß die scheinbare T- und die RP-Verdaulichkeit relativ hoch ausfielen.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Verwertung von hochproteinhaltigen Abfallprodukten tierischer Herkunft (Federmehl, Blutmehl, Proteinhydrolysat) und von Panseninhalt als Proteinquelle in der Ernährung von Regenbogenforellen wurde untersucht.

An insgesamt 4060 Forellensetzlingen wurden zwei verschiedene Arten von Modellversuchen (Zulageversuch und Austauschversuch) durchgeführt.

Die Versuche dauerten jeweils 10 Wochen (2 Wochen Vorperiode und 8 Wochen Hauptperiode). Sie wurden in einer offenen Kreislaufanlage durchgeführt. Als Versuchskriterien dienten Gewichtsentwicklung, Futterverwertung sowie der Protein- und Energieansatz. In den Zulageversuchen wurde die Verdaubarkeit von Futtertrockensubstanz und Rohprotein parallel bestimmt. Ergänzend zum Austauschversuch wurde ein gesonderter Verdauungsversuch durchgeführt. Dieser Versuchsteil wurde in einer Rundbeckenanlage mit Frischwasserzufuhr durchgeführt (Dauer: 4 Wochen).

Das Prinzip des Zulageversuchs beruht auf dem Zusatz der zu prüfenden Proteinfuttermittel zu einer proteindefizitären Basalration. Diese Basalration enthielt in Versuch I ca. 25 g Rohprotein in 90 g Futter, als Proteinquellen wurden alternativ Labcasein oder Fischproteinkonzentrat verwendet. In Versuch II war der Proteingehalt der Kontrollration auf 30 g/90 g Futter angehoben worden, als Proteinquellen dienten eine Methionin-ergänzte Casein-Gelatine-Mischung (3:1) oder Fischproteinkonzentrat. Die Zulage der zu prüfenden Futtermittel erfolgte für die Hochproteinträger mit 5 und 10 g zu jeweils 90 g Basalration, für Panseninhalt mit 10 und 20 g. Das Fütterungssystem war so eingestellt, daß in allen Gruppen gleiche Mengen an Basalration angeboten wurden. Die zu prüfenden Futtermittel wurden "als Zulage" verfüttert.

Hinsichtlich der Basalrationen wurden etwas widersprüchliche Ergebnisse erhalten. Während bei der geringsten Proteinversorgung (Versuch I) zwischen Casein und FPC keine Unterschiede auftraten, war bei höherer Proteinzufuhr (Versuch II) FPC hinsichtlich Wachstum, Futterverwertung, Protein- und Energieansatz der Casein-Gelatine-Mischung deutlich überlegen.

Die Zulage von Federmehl und Blutmehl führte auf beiden Stufen unabhängig von der Art des Basisproteins zu deutlichen Verbesserungen aller Versuchsparameter. Proteinhydrolysat erwies sich nur bei Zusatz zu einer Casein-Gelatine-Mischung als brauchbar; die Zulage zur FPC-Basalration (Versuch II) bewirkte keine Erhöhung der Wachstumsrate des Protein- und Energieansatzes. Der Zusatz von 10 g Panseninhalt zu 90 g Casein-Gelatine-Mischung wirkte sich offensichtlich günstig auf die Versuchsparameter aus. Höhere Mengen wie auch der Zusatz zu einer FPC-Ration wurden offensichtlich schlechter verwertet.

Die Basalration des Austauschversuchs (40 % Rohprotein) enthielt als Proteinquellen Fischproteinkonzentrat (80 % des Rationsproteins) und Methionin-ergänztetes Sojaproteinkonzentrat (20 % des Rationsproteins). Die Hochproteinfuttermittel wurden proteinäquivalent mit jeweils 10 und 20 % des Rationsproteins zu Lasten von Fischproteinkonzentrat bzw. Sojaprotein eingesetzt. Bei Panseninhalt wurde als Höchstgrenze 20 % im Futter (6,7 % des Rationsproteins) gewählt.

Die Ergebnisse des Austauschversuchs bestätigen Federmehl als eine für Forellen gut verfügbare Proteinquelle. Vergleichbare Resultate bei Blutmehl und Proteinhydrolysat wurden nur bei ca. 5 % der jeweiligen Proteinquelle im Futter (10 % des Rationsproteins) erzielt. Bei Panseninhalt wirkte sich sein hoher Rohfasergehalt (35 %) so ungünstig aus, daß 20 % Panseninhalt zu einer Depression der Leistungsparameter um ca. 5 % führten.

Die Verdaulichkeit von Rohprotein und Bruttoenergie der Kontrollration war durch Zusätze von Proteinhydrolysat nicht negativ, von Federmehl und Blutmehl kaum beeinflusst. Die Verdaulichkeit der Energie war bei 20 % Panseninhalt stark reduziert.

Die Brauchbarkeit der Modellsituationen Zulageversuch und Austauschversuch konnten unter Beweis gestellt werden.

LITERATURVERZEICHNIS

BECK, H., H. KOOPS, K. TIEWS und J. GROPP; (1977):

Weitere Möglichkeiten des Fischmehl-Ersatzes im Futter
für Regenbogenforellen: Ersatz von Fischmehl durch
Alkanhefe und Krillmehl

Arch. Fisch. Wiss. 28, 1-17

BODECKER, H.-J.; (1979):

Untersuchungen zur Verdaulichkeit von Nährstoffen und
Futterenergie bei Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri*
Richardson) in Abhängigkeit von Partikelgröße und
Proteingehalts des Futters

Diplomarbeit, Universität Hamburg, Fachbereich Biologie

BRETT, J.R. und T.D.D. GROVES; (1979):

Physiological energetics

in: Fish Physiology Vol. VIII, 279-352

Hrsg. Hoar, W.S., D.R. Randall and J.R. Brett,

Academic Press, New York und London

CASTELL, J.D. und K. TIEWS; (1980):

Report of the EIFAC, IUNS and ICES Working Group on
Standardisation of Methodology in Fish Nutrition

Research-EIFAC Technical Paper Nr. 36, EIFAC T 36

CHO, C.Y. and S.J. SLINGER; (1979):

Apparent digestibility measurement in feedstuffs for
rainbow trout

in: Finfofish Nutrition and fishfeed technology Vol. II;
239-248, Hrsg: Halver, J.E. und K. Tiews, Heenemann
Verlagsgesellschaft, Berlin

CHO, C.Y. and S.J. SLINGER; (1978):

Significance of digestibility measurement in formulation
of feeds for rainbow trout

EIFAC 78 SMMP E 60

COMNEY, C.B. and J.R. SARGENT; (1972):

Fish nutrition

Adv. Mar. Biol. 10, 383-492

COWEY, C.B.; (1975):

Aspects of protein utilization by fish
Proc. Nutr. Soc. 34, 57-63

COWEY, C.B.; (1979):

Protein and amino acid requirements of fish, in Vol. I, S: 3 - 16
Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Halver, Tiews, Hersgb.,
Heenemann Verlagsgesellschaft, Berlin

COWEY, C.B., D.J. COOKE, A.J. NATTY and J.W. ADRON; (1981):

Effects of quantity und quality of dietary protein on
certain enzyme activities in rainbow trout
J. Nutr. III, 336-345

ELERAKY, W.; (1985):

Modellversuche zur Futterwertabschätzung verschiedener
Proteinquellen in der Fütterung von Forellen (*Salmo*
gairdneri Richardson)
Med.Vet. Dissertation Universität München

FRANK, B.; (1984):

Untersuchungen zum Arginin- und Tryptophanbedarf von
Forellen mit Hilfe gereinigter Diäten
Med. Vet. Diss., Universität München

GRABNER, M. und R. HOFER; (1985):

In Vitro-Verdaulichkeit der Ackerbohnen und des Sojaproteins
in: Aktuelle Probleme der angewandten Fischbiologie-Work-
shop in Innsbruck vom 26.-28.4.1985

GROPP, J., H. KOOPS, K. TIEWS und H. BECK; (1976):

Ersatz von Fischmehl im Forellentrockenfutter
Arb. Dt. Fischereiverb. 19, 85-102

GROPP, J., A. SCHWALB-BOHLING, H. KOOPS and K. TIEWS; (1982):

On the protein sparing effect of dietary lipids in
pellet feeds for rainbow trout (*S. gairdneri* R.)
Arch. Fisch. Wiss. 33, 79-89

GROPP, J. und H.M. KOCHLE; (1983):

Futterwert und Verträglichkeit von Single Cell Protein
bei Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri*)

Arbeiten des Dt. Fischerei-Verbandes, Heft 39, 64-101

GROPP, J.; (1982):

Ernährung von Süßwasserfischen in Intensivhaltung

in: Zucht und Produktion von Süßwasserfischen, M. Bohl, Hrsg.
DLG-Verlags GmbH, Frankfurt

GROPP, J.; (1984):

Grundprinzipien der Forellenernährung, Zusammensetzung
von Forellenfutter

in: Aqua-Fisch, Internationale Fachausstellung Bodensee
28.3.-1.4.1984, 106-128

GROPP, J.; (1985):

Spezielle Fragen der Ernährung von Süßwasserfischen

Vortragstagung Lohmann, Cuxhaven 13.11.1985

GRUHN, K., C. VOIGT und G. LEHNERT; (1975):

zitiert nach HENNING und POPPE, 1976

Abprodukte tierischer Herkunft als Futtermittel

F. Enke Verlag, Stuttgart

HALVER, J.E., D.C. DE LONG and E.T. MERTZ (1957):

Nutrition of salmonoid fishes

V. Classification of essential amino acids for chinook
salmon

J. Nutr. 63, 95-105

HALVER, J.E.; (1957):

Nutrition of salmonoid fishes

III. Water-soluble vitamin requirement of chinook salmon

J. Nutr. 62, 225-243

HENNIG, A. und S. POPPE; (1976):

Abprodukte tierischer Herkunft als Futtermittel

Dt. Landwirtsch. Verl. Berlin

INABA, D., C. OGINO, C. TAKAMATSU, S. SUGANO und H. HATA; (1962):

Digestibility of dietary components in fishes. I.
digestibility of dietary proteins in rainbow trout

Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 28, 367-371

INABA, D., C. OGINO, C. TAKAMATSU, T. UEDA und K. KUROKAWA; (1963):

Digestibility of dietary components in fishes. II. digestibility of dietary protein and starch in rainbow trout

Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 29, 242-244

KAUSCH, H. und F. BALLION-CUSMANO; (1976):

Körperzusammensetzung, Wachstum und Nahrungsausnutzung
bei jungen Karpfen (*Cyprinus Carpio* L.) unter Intensiv-
haltungsbedingungen

Archiv f. Hydrobiologie/Suppl. 48

KIECKHÄFER, H.; (1980):

Fütterungsversuche mit getoasteten Sojabohnen bei Regen-
bogenforellen

Arbeiten des dt. Fischereiverbandes, Heft 30

KITAMIKADO, M., T. MORISHITA and S. TACHINO; (1964 a):

Digestibility of dietary protein in rainbow trout
I. Digestibility of several dietary proteins

Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 30, 46-49

KITAMIKADO, M., T. MORISHITA and S. TACHINO; (1964 b):

Digestibility of dietary protein in rainbow trout
II. Effect of starch and oil contents in diets and
size of fish

Bull. Jap. Soc. Sci. 30, 50-54

KOLHONEN, J.; (1974):

Marine fisheries Review 36, (3), 36

(zitiert nach Steffens, W., M. Brecht), 1976

KOOPS, H., K. TIEWS, H. BECK und J. GROPP; (1976):

Die Verwertung von Sojaprotein durch die Regenbogen-
forelle (*Salmo gairdneri* Richardson)

Arch. Fisch. Wiss. 26, 181-191

LEE, D.J. and G.B. PUTNAM; (1973):

The respons of rainbow trout to varying protein/energy rations in a test diet

J. Nutr. 103, 916-922

LIEBMANN, H.; (1972):

Ausbildung und Gesetzgebung auf dem Gebiet der Fischkrankheiten

Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, Band 21, 14-18 Verlag R. Oldenbourg

LOVE, R.M.; (1970):

The chemical biology of fishes

Academic Press, London and New York, 547 P.

MANN, H.; (1967):

Verdaulichkeit und Ausnutzung des Eiweiß (Protein) verschiedenartiger Futtermittel durch Regenbogenforellen

Fischwirt. 17, 280-282

MC CARTNEY, T.H.; (1967):

The effect of dietary protein level and methionine Supplementation on the growth, chemical composition and total sulfur of fingerling brook trout

Cortl.Hatch.Conserv.Dep.Albany N.Y. 20-24

MESKE, C. und E. PFEFFER; (1977):

Untersuchungen über Mikroalgen, Hefe oder Casein als Komponenten eines fischmehlfreien Trockenfutters für Karpfen

Z.Tierphysiol.Tierern. und Futtermittelkde. 38, (4) 177

NEHRING, D.; (1963):

Verdauungsversuche an Fischen nach der Chromoxyd-Indikatormethode

Z. Fischerei N.F. 11, 769-777

NOSE, T.; (1960):

On the digestion of food protein by goldfish (*carrassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo iridens* G.)

Bull. Freshwater Fish. Res. Lab. 10, 11-22

NOSE, T.; (1967):

On the metabolic fecal nitrogen in young rainbow trout
Bull. Freshwater Fish. Res. Lab. 17, 97-106

NOSE, T.; (1971):

Determination of nutritive value of food protein in fish
III: Nutritive value of casein, white fish meal and soybean meal in rainbow trout fingerlings
Bull. Freshwater Fish. Res. Lab. 21, (1), 85

OGINO C. and M.S. CHEN; (1973):

Protein nutrition in fish v. relation between biological value of dietary proteins and their utilization in carps
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 39, 955-959

OGINO, C. and M.S. CHEN; (1976):

Protein utilization in fish. VI
Effects of dietary energy sources on the utilization of protein by rainbow trout and carp
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 42, 213-218

OGINO, C.; (1980):

Requirements of carp and rainbow trout for essential amino acids
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 46, (2), 171

OHLE, W., (1953):

Die chemische und elektrochemische Bestimmung des molekular gelösten Sauerstoffs der Binnengewässer
Mitt. 2. Internat. Vereinig. f. Limnologie, 3, 1-44

PAGE, J.W. and J.W. ANDREWS; (1973):

Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*)
J. Nutr. 103, 1339-1346

PETRY, H. und W. RAPP; (1971):

Zur Problematik der Chromoxidbestimmung in Verdauungsversuchen
Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkde. 27, (4): 181-189

PFEFFER, E. und V. POTTHAST; (1977):

Untersuchungen über den Ansatz von Energie/Protein und mineralischen Mengenelementen bei wachsenden Regenbogenforellen

Z. Tierphysiol.Tierernährg., Futtermittelkde., Beiheft 8, 32-55

PFEFFER, E. und C. MESKE; (1978):

Untersuchungen über Casein und Krillmehl als einzige Proteinquelle im Alleinfutter für Karpfen

Z. Tierphys., Tierern. und Futtermittelkde. 40, 74-91

PFEFFER, E., R. PETRASCH und O. ECKARDT; (1980):

Untersuchungen über mögliche Protein- und Fettträger in gereinigten Diäten für Regenbogenforellen (Salmo gairdneri Richardson)

Z. Tierphysiol.Tierernährg. u. Futtermittelkde. 43, 254

PHILIPPS, M.A.J.K., LEVINGSTON D.L. and H.A. POSTON; (1964):

The effects of changes in protein quality value sources and calorie level upon the growth and chemical composition of brook trout

Courtl. Hatch. Rep. 34, 6

PHILIPPS, A.M., D.L. LIVINGSTON and H.A. POSTON; (1966):

Use of caloric sources by brook trout

Progr. Fish. Cult. 28, 67-72

PHILIPPS, A.M., H.A. POSTON and D.L. LIVINGSTON; (1967):

The effect of caloric sources and water temperature upon trout growth and body chemistry

Fish. Res. Bull. N.Y. 30, 25-34

POSTON, H.A., R.C. RIIS, G.L. RUMSEY and H.G. KETOLA; (1977):

The effect of supplemental dietary amino acids, minerals and vitamins on salmonids fed cataractogenic diets

Cornell Vet. 67, 472

POST, G., SHANKS, W.E. and R.R. SMITH; (1965):

A method for collecting metabolic excretions from fish

Progr. Fish. Cult. 27, 108-111

PÖSCHNER, A. und O. SIMON; (1983):

Die stoffliche Verwertung des Eiweißes und der Eiweißbewertung,
in: Grundlagen der Tierernährung

Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1983, 230-241

REITER, M.R.; (1984):

Rasteruntersuchungen über die Verbesserung gereinigter
Diäten für Forellen (*Salmo gairdneri* Richardson)

Med. Vet. Dissertation, Universität München

RUMSEY, G.L. and H.G. KETOLA; (1975):

Amino acid supplementation of casein in diets of atlantic salmon (*Salmo salar*) fry and of soybean meal for rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson) fingerlings

J. Fisch Res. Board Can. 32 (3) 422

RYCHLY, J. and L. SPANNHOF; (1979):

Nitrogen balance in trout. I-Digestibility of diets containing varying levels of protein and carbohydrate

Aquaculture 16, 39-46

RYCHLY, J.; (1980):

Nitrogen balance in trout. II. Nitrogen excretion and retention after feeding diets with varying proteins and carbohydrate levels

Aquaculture 20, 343-350

SCHULZ, D., W. HARTFIEL und E. GREUEL; (1981):

Untersuchungen über die Futterwertleistung einer synthetischen Diät bei der Aufzucht von Regenbogenforellen

Kraftfutter 7, (64), 348-353

SCHULZ, D., W. HARTFIEL und E. GREUEL; (1982 a):

Verwendung von Nebenprodukten tierischer Herkunft in der Ernährung von Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* Richardson), I. Einsatz von Blut- und Federmehl in einer gereinigten Diät

Z. Tierphysiol. Tierernährg. u. Futtermittelkde. 47, 79-85

SCHULZ, D., W. HARTFIEL und E. GREUEL; (1982 b):

Verwendung von Nebenprodukten tierischer Herkunft in der Ernährung von Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* Richardson), I. Einsatz von Blut-, Federmehl und Geflügelmehl sowie Gelatine in einer gereinigten Diät

Z. Tierphysiol. Tierernährg. u. Futtermittelkde. 48, 267-275

SCHWALB, A., J. GROPP; (1979):

System for continous measurement of oxygen consumption by fish in: Finfish nutrition and fishfeed technology, Vol II, 607-611, Halver, Tiews Hrsgb.; Heenemann Verlagsgesellschaft mbH., Berlin

SCHWALB-BÖHLING, A., H.-J. BODECKER und J. GROPP; (1980):

Zur Verdaulichkeit von Rohnährstoffen bei der Forelle in Abhängigkeit von der Partikelgröße

92. VDLUFA-Kongreß, Braunschweig, 15.-20. September 1980

SCHWALB-BÖHLING, A.; (1982):

Stoffwechselphysiologische Untersuchungen an Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* Richardson) unter besonderer Berücksichtigung der Ausnutzung von Futterenergie

Diss. Fachbereich Biologie der Universität Hamburg

SCHWARZBACH, W.; (1981):

Zur Verdaubarkeit von Rohprotein und Futterenergie in Abhängigkeit von Wassertemperatur und Fütterungsniveau bei Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* Richardson)

Diplomarbeit, Universität Hamburg Fachbereich Biologie

SMITH, R.R.; (1971):

A method for measuring digestibility and metabolizable energy of fish feeds

Progr. Fish. Cult. 33, 132-134

SMITH, R.R.; (1976):

Metabolizable energy of feedstuffs for trout

Feedstuffs 16, 20-21

STAPLES, D.J. and M. NOMURA; (1976):

Influence of body size and food ration on the energy budget of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson)
J. Fisch. Biol. 9, 29-43

STEFFENS, W. und M.-L. ALBRECHT; (1973):

Proteinversorgung durch Erhöhung des Fettanteils im Futter von Regenbogenforellen
Arch. Tierernährg. 23, 711-717

STEFFENS, W. und M.-L. ALBRECHT; (1975):

Der Einfluß des Zusatzes unterschiedlicher Fette zum Trockenmischfutter auf Wachstum und Futterverwertung von Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* Richardson)
Arch. Tierernährung. 25, 717-723

STEFFENS, W. und M.-L. ALBRECHT; (1976):

Untersuchungen über die Möglichkeiten zur Senkung des Fischmehlanteiles im Futter der Regenbogenforelle (*Salmo gairdneri* Richardson)
Arch. Tierern. 26, 285-291

STERNIK, K.-H.; (1985):

Mündliche Mitteilung

STRAUSS, J.; (1982):

Studien zum Lysinbedarf von Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri* Richardson) mit Hilfe gereinigter Diäten
Diss. med. vet. Universität München

TIEMS, K., H. KOOPS, J. GROPP und J. TIEMS; (1973):

Körperzusammensetzung netzkäfiggehaltener Forellen (*Salmo gairdneri* Richardson) in Abhängigkeit von Fütterung und Wachstum
Archiv für Fischereiwissenschaft 24, (1-3): 261-269

TIEMS, K., H. KOOPS und J. GROPP; (1975):

Optimierung von Trockenmischfutter für die Forellenzucht macht Fortschritte
Inf. Fischw. 22, 170-172

WATANABE, T., T. TAKEUCHI and CH. OGINO; (1979):

Studies on the sparing effect of lipids on dietary protein
in rainbow trout (*salmo gairdneri*), S. 113 - 126 in:

Finfish nutrition and fishfeed technology, Halver, Tiews Hrsgb.,
Heenemann Verlagsgesellschaft mbH & Co, Berlin 42

WINDELL, J.T., J.W. FOLTZ and J.A. SAROKON; (1978):

Methods of fecal collection and nutrient leaching in
digestibility studies

Progr. Fish. Cul. 40, 51-54

WOOD, E.M., W.T. YASUTAKE, A.N. WOODAIL and T.E. HALVER; (1957):

The nutrition of salmonoid fishes.

II. Studies on production diet

J. Nutr. 61, 479

Tabelle A1: DURCHSCHNITTliche SIEBFRAKTIONEN (%)
DER PROTEINTRÄGER

	Proteinquellen der Basalmischung				Abfallprodukte			
Siebe (mm)	Casein	Gelatine	FPC	Danpro	Feder- mehl	Blut- mehl	Panse- inhalt	Protein- hydrolysat
Boden	11.8	0.8	14.6	5.9	0.0	0.6	12.9	16.3
0.045	46.4	2.0	61.3	16.5	0.2	4.9	13.6	39.3
0.090	28.1	3.4	22.2	2.7	0.2	7.0	12.1	32.9
0.125	9.2	5.3	1.7	2.5	0.0	9.0	10.9	11.2
0.180	2.3	12.6	0.2	4.6	6.5	13.1	17.0	0.3
0.250	0.4	28.1	0.2	67.2	44.1	17.9	17.4	0.0
0.355	0.7	38.0	0.1	0.3	16.7	17.3	10.6	0.1
0.500	0.8	10.0	0.0	0.3	23.6	20.6	5.5	0.0
1.000	0.5	0.1	0.0	0.1	8.9	9.8	0.2	0.0

Tabelle A2:

ZUSAMMENSETZUNG DER VORMISCHUNGEN

SPURENELEMENTVORMISCHUNG enthält in 1.0 g (pro kg Endfutter)

Fe	(aus Eisenfumarat)	100	mg
Zn	(aus Zinkacetat)	80	mg
Mn	(aus Mangansulfat x H_2O)	80	mg
Cu	(aus Kupferacetat x H_2O)	12	mg
J	(aus Kaliumjodid)	2.50	mg
Co	(aus Cobaltsulfat x 7 H_2O)	1.00	mg
Se	(aus Natriumselenit x 5 H_2O)	0.50	mg
F	(aus Natriumfluorid)	5.00	mg
Mg	(aus Magnesiumoxid)	70	mg

VITAMINVORMISCHUNG enthält in 6 g (pro kg Endfutter)

Retinol	9.0	mg
Cholecalciferol	66	μg
α -DL-Tocopherolacetat	72	mg
Menadion (aus MSB)	2.4	mg
Thiamin	10.8	mg
Riboflavin	14.4	mg
Pyridoxin	6.0	mg
Cobalamin	60	μg
Biotin	180	μg
Folsäure	360	μg
Ca-Pantothenat	36	mg
Nikotinsäure	108	mg
Cholin	900	mg
Ascorbinsäure	180	mg

ABKÜRZUNGEN

Alpha (α)	Spezifische Wachstumsrate
AS	Aminosäuren
FPC	Fischproteinkonzentrat
FVW	Futtermittelverwertung
FVZ	Futtermittelverzehr
k_{tot}	Gesamtwirkungsgrad der Futterenergie
LM	Lebendmasse
LMZ	Lebendmassezunahme
PPW	Produktiver Proteinwert
RP	Rohprotein
T	Trockensubstanz
VB	Versuchsbeginn
VE	Versuchsende

LEBENS LAUF

- Name:** Gamal El-Din Saleh Aly Ibrahim
geboren am 16.2.1953 in El-Scharkia, Ägypten
- Eltern:** Saleh Aly Ibrahim und Ehefrau Amina El-Sayed
- Familienstand:** verheiratet mit der Tierärztin Wafa Eleraky
- Schulbesuch:** 1959-1964 Grundschule in Miet El-Azz/Ägypten
1964-1971 Realschule und Gymnasium
in Fakus/ Ägypten
- Schulabschluß:** Juli 1971 - Zeugnis der Reife (Abitur)
- Studium der Tiermedizin:** 1971-1976 an der Faculty of Veterinary Medicine, Zagazig University, Ägypten
- Studienabschluß:** Mai 1976 - Erlangung des Grades eines Bachelor in Veterinary Science (B.V. SC) mit dem Gesamtprädikat "very good"
- Approbation:** Juni 1976 durch die Ägyptische Tierärztliche Gewerkschaft
- Militärdienst:** 1976-1977
- Magister-Arbeit:** 1978-1980 an der Faculty of Veterinary Medicine Zagazig University-Department of Animal Physiology by Prof. Dr. Samy El-Mogy - zugleich Tätigkeit als Verpflicht-Demonstrator for Animal Physiology September 1980 - Erlangung des Grades eines Master (M.V.SC) in Veterinary Science (Animal Physiology)

Berufstätigkeit: September 1980 - August 1981 wissenschaftlicher Assistent in Department of Animal Physiology, Faculty of Veterinary Medicine, Zagazig University

Studium der Deutschen Sprache: 09. 1981 - 09. 1982 am Goethe-Goethe-Institut Grafting, München und im Deutschkurs für Ausländer bei der Universität München, August 1982 Zeugnis des Mittelstufendipls des Goethe-Instituts München.

Promotionsstudium: Seit Oktober 1982 Doktorand am Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der tierärztlichen Fakultät der Universität München.

DANKSAGUNG

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, meinem hochgeschätzten Doktorvater, Herrn Prof. Dr. J. Gropp für den zur Verfügung gestellten Arbeitsplatz sowie für die Oberlassung des Themas und seine freundliche Hilfe bei der Anfertigung dieser Arbeit meinen besonderen Dank auszusprechen.

Herrn Dr. K.-H. Sternik danke ich herzlich für die immer freundlich gewährte Hilfe und zahlreiche, wertvolle Anregungen bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Ganz besonders bedanke ich mich bei Frau E. Stadler für ihre entgegenkommende Hilfe und Beratung bei der Laborarbeit.

Ebenso möchte ich dem Tierpflegerpersonal des Oberwiesenfelds für die Mithilfe bei der Versorgung der Versuchstiere danken.

